



Kivikaira letkutorni
Kivimiehentie 2
Espoo

Julkisivurakenteiden rakenneselvitys

27.9.2024

SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ.....	2
	1.1 Kohde.....	2
	1.2 Tilaaja.....	2
	1.3 Tutkimusryhmä.....	2
	1.4 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset.....	2
2	KÄYTÖSSÄ OLLEET PIIRUSTUKSET JA TIEDOT KORJAUKSISTA.....	2
3	KUNTOTUTKIMUSMENETELMÄT.....	3
	3.1 Lähtötietojen selvittäminen.....	3
	3.2 Kenttätutkimukset.....	3
	3.3 Laboratoriotutkimukset.....	3
4	JULKISIVUJEN KUNTO.....	3
	4.1 Havainnot ja mittaustulokset.....	3
	4.2 Johtopäätökset muurattujen julkisivujen kunnosta.....	15
5	PARVEKKEIDEN BETONIRAKENTEIDEN KUNTO.....	17
	5.1 Havainnot ja mittaustulokset.....	17
6	VESIKATTORAKENNE.....	28
	6.1 Havainnot ja mittaustulokset.....	28
7	MUUT RAKENTEET.....	32
8	KOHTEEN TURVALLISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT.....	32
9	LISÄTUTKIMUSTARVE.....	32

Liitteet:

1. Näytteidenottokohdat
2. Betoninäytteiden silmämääräiset havainnot, huokoisuusarvot ja vetolujuudet sekä betonijauhenäytteiden kloridipitoisuusmääritysten tulokset
3. Betonipeitepaksuusjakaumat

1 YLEISTÄ

1.1 Kohde

Kuntotutkimuksen kohteena oli Espoon Otaniemessä sijaitsevan entisen palo-opiston noin 26 metrin korkuisen letkutornin muuratut julkisivut ja teräsbetoniparvekkeet. Kohde on rakennettu arviolta vuonna 1972.

Yhtiö:	Kivimiehen Helmi Oy
Osoite:	Kivimiehentie 2
Kaupunki:	Espoo
K.osa:	Otaniemi
Kortteli:	
Tontti:	8
Rakennuksia:	1 kpl
Kerroksia:	6 krs + kellarikerros
Asuntoja:	-
Parvekkeita:	5
Rakentamisvuosi:	1972

1.2 Tilaaaja

Kivimiehen Helmi Oy
c/o Newil&Bau + Kusinkapital
Pohjoinen Makasiinikatu 6 A
00130 Helsinki

1.3 Tutkimusryhmä

Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy
Satamakatu 16
33200 Tampere

Dipl.ins Pekka Kokko	puh. 0400 731469
RI Janne Autere	puh. 040 7021429
Dipl.ins Simo-Pekka Valtonen	puh. 040 5015267

1.4 Tutkimuksen tavoitteet ja rajaukset

Kuntotutkimuksen tavoitteena oli selvittää kohteen julkisivun verhomuurauksen ja parvekera-
kenteiden kunto.

Tämän tutkimuksen yhteydessä ei tehty asbesti- ja haitta-ainekartoitusta.

2 KÄYTÖSSÄ OLLEET PIIRUSTUKSET JA TIEDOT KORJAUKSISTA

Kuntotutkimuksessa oli aluksi käytössä tilaajan toimittama piirustusmappi. Espoon kaupungin arkistosta löytyi kohteen rakennesuunnitelmat kokonaisuudessaan, jotka eivät kuitenkaan olleet vielä kenttätutkimuksessa mukana.

Piirustukset olivat alkuperäisiä rakennepiirustuksia sekä laskelmia. Tehtyjä korjauksia vastavaa aineisto ei löydetty.

Vuonna ?? parvekkeille on tehty perusteellinen kunnostus ja julkisivuille pintasaumauksia.

3 KUNTOTUTKIMUSMENETELMÄT

3.1 Lähtötietojen selvittäminen

Ennen kenttätutkimusten suorittamista selvitettiin mm. kohteen rakennetyypit, niiden raudoitteet yms. käytettävissä olleiden alkuperäisten suunnitteluasiakirjojen avulla. Lisäksi haastateltiin tilaajaa kohteen aiemmista korjauksista ja tiedossa olevista ongelmista.

3.2 Kenttätutkimukset

Kenttätutkimukset tehtiin 18.9.2024 ja ne suoritettiin pääosin henkilönostimesta.

3.2.1 Rakenteiden silmämääräinen tarkastelu ja vasarointi

Kenttätutkimusten yhteydessä julkisivu- ja parvekerakenteita tarkasteltiin silmämääräisesti. Lisäksi betonirakenteita vasaroitiin mahdollisen rapautuman kartoittamiseksi. Tarkastelujen yhteydessä rakenteista otettiin valokuvia.

3.2.2 Näytteiden otto ja mittaukset

Kohteen julkisivu- ja parvekerakenteista porattiin $\varnothing 50$ mm:n timanttilieriöporalla yhteensä 3 kpl betoninäytettä ja 1 kpl julkisivumuurauksesta. Lisäksi otettiin 4 kpl betonijauhenäytettä tarkempia laboratoriotutkimuksia varten. Näytelieriöporausten yhteydessä mitattiin ulkoseinärakenteen lämmöneristepaksuuksia. Näytteidenottokohdat on esitetty liitteessä 1.

Eri rakenneosista mitattiin pistokokein terästen suojabetonipaksuuksia Profometer 5 -peitepaksuusmittarilla. Peitepaksuusjakaumat on esitetty liitteessä 4.

3.3 Laboratoriotutkimukset

Betoninäytteiden tarkempi silmämääräinen tarkastelu, karbonatisoitumissyvyyksien, huokoisuusarvojen ja vetolujuuksien sekä betonijauhenäytteiden kloridipitoisuuksien määrittäminen tehtiin Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy:n laboratoriossa (liite 2).

Betoninäytteiden ohuthietutkimukset tehtiin Betonialan Ohuthiekeskus FCM Oy:n betonilaboratoriossa (liite 3).

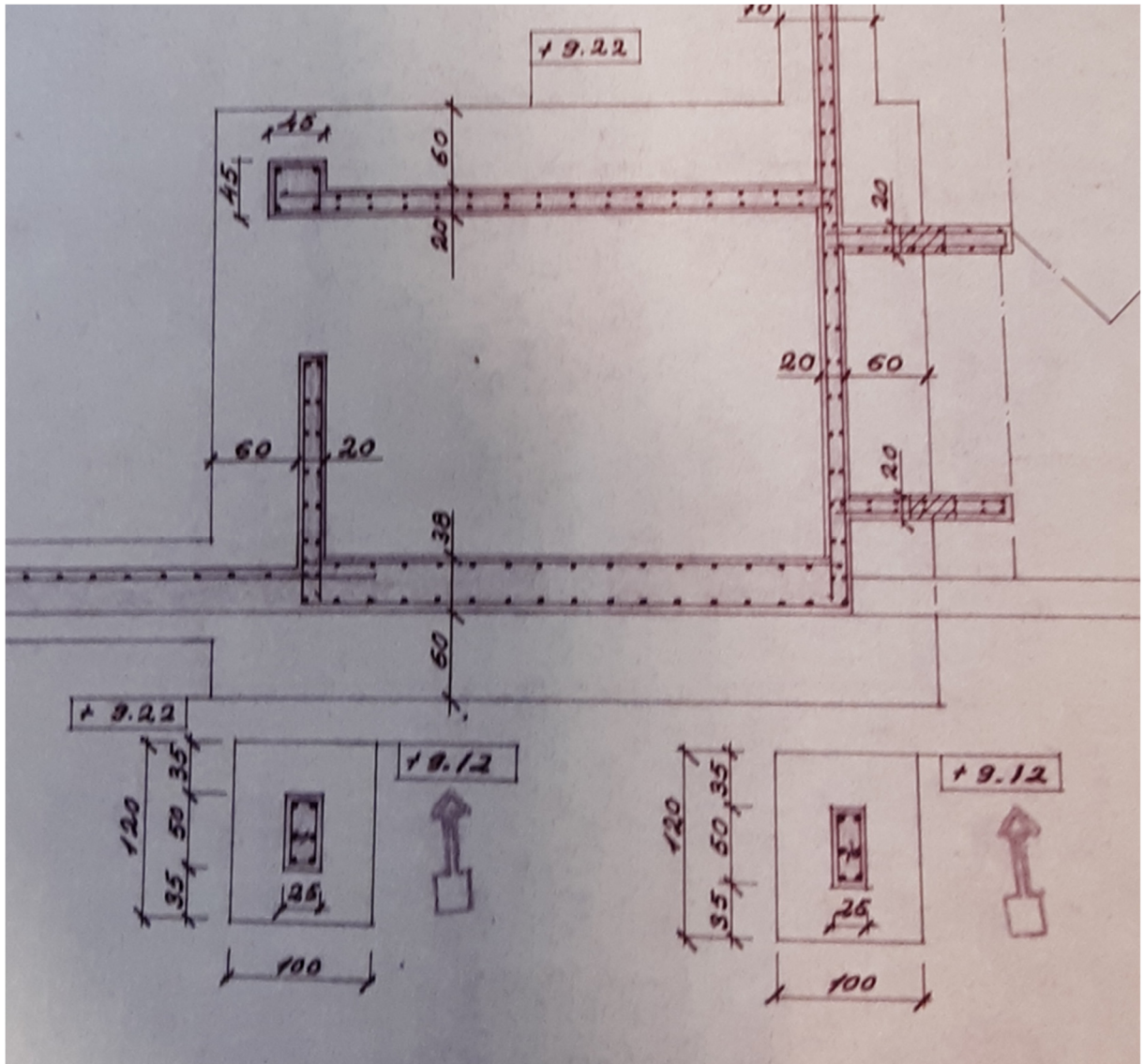
4 JULKISIVUJEN KUNTO

4.1 Havainnot ja mittaustulokset

4.1.1 Yleistä

Torni on laajalla laattaperustuksella ja parvekepilareit erillisiä anturaperustuksilla. Tornin teräs-betoniseinät ovat kellarissa 200 mm paksuiset. Tornin laattaperustuksen alapinta on tasossa +9,22 ja pilarien anturan alapinta tasossa +9,12. Maanpinnan taso tornin vieressä on noin +12,50. Rakennelaskelman mukaan perustuksen vaadittu pinta-ala on 5,1 m x 4,1 m.

Tornin ytimen muodostaa noin 160 mm paksuinen paikallavalettu betonipiippu (kellarikerroksessa 200 mm paksu).



Kuva 1: Osakopio rakennepiirustuksesta. Tornin kantavat seinät kellarikerroksessa ja tornin laattaperustus sekä parvekepilarit anturaperustuksineen. (RAK-28 Halliosa Perustukset Pohjapiirros. Insinööritoimisto Salonen & Lautiainen 2.4.1971).

Rakennuksen julkisivut on muurattu NRT-tiilistä, kuorimuurin takana on 20 mm sormirako ja 100 mm paksuinen PV-75 L tai vastaava mineraalivillaeiste. Verhомуurauksen NRT-tiilet ovat nimellismitoiltaan 270 x 130 x 75. Muurauslaasti on piirustusten mukaan L50. (Lujuusluokan L50 kalkkilaastiin sekoitetaan työmaalla sementtiä 250 kg/m³).

Suunnitelman mukaan Kuorimuuraus on sidottu betoniseen runkoon ruostumattomin, Ø 4 mm sidelangoiin, joita on 5 kpl/m² eli muurattu rakenne toimii yhdessä teräsbetonirungon kanssa. Joka kolmannessa muurauksen vaakasaumassa on Ø6 mm teräs. Teräkset kiertävät kehänä tornin ympäri.



Kuva 2: Yleiskuva julkisivuista. Vasemmalla rakennuksen eteläsivu, oikealla itäsivu.

Vain itäsivulla tornin muuraus alkaa sokkelin päältä. Muilla sivuilla muuraus on kannatettu autohallien katon alta tornin betonirunkoon tukeutuvilla saapaspalkeilla.

- Pohjoisjulkisivunmuuraus on parhaassa kunnossa lukuun ottamatta länsipään laastisaumoja, jotka olivat rapautuneet. Länsijulkisivuun osuva viistosade kastelee pohjoissivun kulman veden kapillaarisella liikkeellä, jolloin jäätyminen rapauttaa märkiä saumoja ja tiiliä.
- Muuraussaumoissa näkyi olemattoman ohueksi ruostuneita Ø6 mm teräksiä. Teräksiä oli asennettu saumoihin 3-4 tiilivarvin välein.
- Muurausaumaan taivutettuja Ø4 mm ruostumattomia sidelankoja näkyi saumassa paljaina.
- Saumalaastista irronneet sidelangat heikentävät verhomuurauksen sidontaa eikä verhomuuraus toimi yhdessä betonisen sisäkuoren kanssa.
- Alhaalta seinäpintaa pitkin katsottaessa muuraus näytti aaltoilevalta. Tämä saattaa johtua sidelankojen vaihtelevasta kiinnitysasteesta muurauslaastiin.
- Etelä- ja länsijulkisivuilla syvälle rapautuneet laastisaumat aiheuttavat verhomuuraukseen kuormitusepäkeskisyyttä mikä voi osaltaan aiheuttaa havainnon muurauksen aaltomaisesta muodosta.
- Itäjulkisivulla parvekkeen taustaseinän muuraus tukeutuu parvekelaattaan ja ylempi parvekelaatta taas muuraukseen.
- Parvekelaatat lukitsevat itäjulkisivun muurauksen muodonmuutoksen korkeisiin julkisivuihin nähden.
- Seinäkulmissa on leveitä ja pitkiä halkeamalinjoja, jotka vaihtoivat välillä julkisivulta toiselle.
- Halkeamien kohdalla muurauksen kehämäinen rakenne katkeaa. Halkeamissa ohuiden vaakaterästen korroosio on nopeaa.
- Muurauksen takana oli 20 mm ilmarako ja porauksen pohjalla näkyi mineraalivillalevyn pinta.
- Eristelevyn paksuus on 100 mm.
- Tornin alaosassa ja keskellä on nokkalaastittomia saumoja ilmaväliä tuulettamassa.
- Laastisaumoja oli jälkisaumattu muurauslaastia kovemmalla laastilla. Irtautuvat jälkisaumauslaastin palaset törröttivät tiilien välissä etelä ja länsijulkisivuilla.



Kuva 5. Vasemmalla tornin jäkäläpintaista pohjoisjulkisivua. Tornin keskellä kiersi vaakasauma, jossa ei ollut käytetty nokkalaastia. Tarkoituksen on ollut eristetilan tuulettaminen. Autohallien vesikaton yläpuolella oli samaan tapaan avosaumat. Pohjoissivu on säärasituksen suhteen suojaisin ja ulkonäöltään parhaassa kunnossa.



Kuvat 6.

Kuorimuurin alareunan muuraus on tasoitettu bitumivedeneristeen tartuntapinnaksi ja pellitetty. Kahden alimman tiilivarvin avoimeksi suunnitellut pystysaumamat on jälkisau-mattu umpeen jossakin vaiheessa. Vesikatteella on laasti ja tiilikappaleita. Ilmeisesti pudonnutta ainesta on ajoittain poistettu.



Kuva 7.

Eteläjulkisivulla muurauslaasti oli syvälle hiekkamaiseksi rapautunutta. Tornin kulmissa oli vaarallisen leveät ja pitkät halkeamat. Hakeama voi vaihtaa paloittan julkisivua, mutta on kuitenkin jatkuva.



Kuva 8. Kovemmalla laastilla tehdyt jälki tai korjausmaukset nousevat ulos tiiltä välistä. Eteläjulkisivulla oli paljon lohkeamassa olevia tiilipintoja.



Kuva 9. Länsijulkisivu oli samalla tavalla vaurioitunut.



Kuva 10. Rengasteräkset eivät enää toimi kun tartuntaa laastiin ei ole.



Kuva 11. Lähikuva tornin kulmasta. Teräksen poikkileikkaus on ohentunut korroosion vaikutuksesta.



Kuva 12. Saumojen rengasteräket korroosoituvat olemattomiin.



Kuva 13. Eri syvyyksiltä lohjenneita tiilipintoja ja erilaisia laasteja. Meisselin sai työnnettyä läpi nokkalaastista.



Kuva 14. Julkisivun pinta oli muodoltaan aaltomainen. Sidelankojen irrotessa laastista voi ilmetä sortumia rapautuneessa muurauksessa.

Kuorimuurin tuenta alareunasta ja muut havainnot

- Autohallin sisältä tarkasteltuna kuorimuuri tukeutuu betonisen sisärungon saapaspalkkiin.
- Muurin ja saapaspalkin liitoksessa oli vesivalumia ja kalkkihärmettä
- Itäisivulla katon vesikourut ovat täynnä orgaanista jätettä = multaa. Vesi poistuu kourun reunan yli ennen syöksytorvea.



Kuva 15: Länsijulkisivun liitos betonirungon saapaspalkin päällä. Muurauksen eristetilaan päätynyt vesi on kuviteltu ohjattavan ulos rakenteesta ilmaraon kohdalla olevalla saapaspalkin läpi ulottuvalla kupariputkella. Vettä tulee läpi kaikkialta muualta paitsi suunnitellusta kupariputkesta. Eristetilaan päässyt vesi tulee näkyviin valtaosin saapaspalkin pintaa pitkin ja myös Siporex-palkkikaton kautta kapillaarisesti. Valurataputket lienevät kellarikerroksen viemärintuuletusputkia, vertaa kuva 7 sman kohdan yläpuolelta.

4.1.3 Silmämääräisiä havaintoja muurausnäytteestä

6. kerroksen parvekkeen taustaseinä

- Korkeiden julkisivujen muurauksen näyteporausta ei pidetty tervallisena.
- Muurausnäyte porattiinkin tornin ylimmän parvekkeen taustaseinästä oviaukon pohjoispuolelta.
- Ensimmäisellä yrityksellä muurauslaastisaumaan syvälle porattu ankkuri alkoi porattaessa luistaa (laasti oli heikkoa).
- Toisella yrityksellä ankkuri saatiin kiristymään reikätiilen kannakseen.
- Näyteporaukseen osui valtaosa tiiltä ja lähes saumaleveyden verran muurauslaastia.
- Porauksen laastisaumassa oli ohueksi ruostunut vaakateräs, jonka värähtely porauksessa rikkoi sisäosan saumalaastin ja osin tiilen.
- Verhomuurauksen NRT tiilet ovat 270 x 124 x 75 harjatulla pinnalla. Näytteessä oli tiiltä noin 35 mm korkeudelta ja saumaa 15 mm paksuudelta.
- Näytteen pituus oli 105 mm sisäosan pudotessa ilmarakoon.

- Tiilen hieman soikeat reiät ovat lomittain kolmessa rivissä. Reikien leveys oli 22 mm ja syvyys 25 mm. Ulkopinnan reikä on 17 mm syvyydellä tiilen harjatusta ulkopinnasta. Muurauslaastia on yhdessä reiässä 15 mm syvyydellä. Tiilen ulkopinnassa
- Tiilen reikien ympärillä on yhdensuuntaisia tiivistyksessä tai poltossa syntyneitä ja käyttöaikana kasvaneita halkeamavyöhykkeitä. Halkeamalinjat tekevät tiilestä heikon ja niihin kertyvä jää lohkoo tiilipintaa.
- Näytteen sauma oli jälkisaumattu. Jälkisauman (20 mm syvä) oli irronnut tiilestä. Irtauman kohdalla tiilipinta oli puhdas (ei siis tartuntaa laastilla). jälkisaumalaastipalan ulkopinta oli kulunut paljastaen runkoainesrakeiden pinnan. Näytteen jälkisaumauslaasti oli vaaleampaa ja hienorakeisempaa. Sen keskellä oli huokoisempi kohta (saumaraudan painallusten väliraja).
- syvemmillä saumassa muurauslaasti oli tummempaa ja hieman karkearakeisempaa. Syvyysvälillä 50-90 mm tiilen pinta on lähes puhdas muurauslaastista. Näytteen saumassa ollut raudoitepala lienee murskannut muurauslaastin pois porauksessa.
-
-
-



Kuva 16: Muurausnäyte (M). Näytteen sisäpinna lohjenneita paloja on liimattu pikaliimalla. Tiilen ulkopinnassa on pinnansuuntaista halkeilua.

4.1.4 Laastin karbonatisoituminen

Kaikki muurausnäytteessä ollut laasti oli läpi karbonatisoitunutta.

4.1.5 Sauman terästen peitepaksuudet

Silmämääräisten havaintojen mukaan rapautuneimpien saumojen ruostuneita teräksiä oli jopa muurauksen ulkopuolella. Saumojen läpikarbonatisoitunut muurauslaasti ei suojaa teräksiä korroosiolta. Toisin sanoen 100% verhomuurauksen teräksistä on korroosioalueella.

Porausnäytteen ruostunut teräspala on ollut arviolta 50-60 mm syvyydellä muurauksen ulkopinnasta ja ruostunut vain 3 mm paksuiseksi.

4.2 Johtopäätökset muurattujen julkisivujen kunnosta

4.2.1 Raudoitteiden korroosio

Muuratun rakenteen porausnäytteen muurauslaasti oli kauttaaltaan karbonatisoitunut, jolloin saumateräksillä ei ole enää alkalista suojaa.

Tämän perusteella 100% saumateräksistä on laastin karbonatisoituneella alueella ja ruosteessa.

Sauman teräkset tulevat ohenemaan entisestään ja verhomuurauksen stabiliteetti heikkenee.

4.2.2 Muurauksen rapautuminen

Kenttätutkimuksissa julkisivuissa havaittiin muurauslaastin ja tiilen pakkasrapautumaan viittavia vaurioita. Saumat olivat erittäin rapautuneet tornin etelä- ja länsisivuilla.

Silmämääräisessä tarkastelussa tiili/laastinäyte itäisivulta oli pinnansuuntaisesti halkeillut eikä näyte kestänyt läpiporausta vaan sisäosa oli pudonnut ilmapäliin.

Pakkasrapautuminen on ongelma julkisivuissa tällä hetkellä.

Ohuthietutkimuksia tarkemman analyysin saamiseksi ei tässä aikataulussa ole tehty.

Muurauksen pakkasenkestävyysominaisuudet ovat puutteellisia, joten vauriot tulevat laajenemaan ja pahenemaan. Lopulta etelä- tai länsijulkisivun yksittäisten tiilien putoaminen tai laajempi sortuminen on mahdollista.

4.2.3 Halkeilu ja muodonmuutokset

Julkisivuissa havaittiin merkittävää muuratun ulkokuoren halkeilua ja aaltomainen pinnamuoto.

Parvekelinjoilla muurauksen lukkiutumien laattojen väliin verrattuna korkean muuratun julkisivun liikevara on halkonut muurattujen julkisivujen kulmat.

Kulmahalkeamien kohdalla saumaraudoitteiden rengasteräsvaikutus menetetään teräskorroosion takia. Tämä saattaa näkyä verhomuurauksen aaltomaisuutena.

4.2.4 Muurauksen kiinnitys

Kenttätutkimuksissa havaittiin muurauksen RST-sidelankojen irtoavan muurauslaastista. Muurauksen sidonta betonirunkoon on tuhoutumassa ja muurin vauriot ovat mahdollisia. Laastin rapautuessa kiinnituspuutteet laajenevat.

4.2.5 Jälki ja korjaussaumaukset

Muurattua julkisivua on jälkisaumattu jossain vaiheessa. Korjaussaumauksetkin ovat vaurioituneet ja osin irronneet. Myös tuulettuviksi suunniteltuja saumoja on ummistettu jälkisaumauksella.

4.2.6 Kosteus- ja lämpötekniinen toimivuus

Muuratun julkisivujen kosteustekniinen toimivuus on tällä hetkellä heikko. Rapautuneiden saumojen kautta sadevesi pääsee syvälle rakenteeseen.

Vedenohjaus muuratun julkisivun alapäästä ei toimi. Vesi valuu ulos saapasalkin pintaa ja täyttää siporex-palkkikaton elementtien huokosrakennetta.

Muuratun julkisivun lämmöneristepaksuus (100 mm) on rakentamisajankohdalle tyypillinen ja nykyvaatimukseen nähden vähäinen.

Torni oli havaintojen mukaan alapäästä suljettu, joten tornin sisäilma talvisin kylmää. Seinärakenteessa ei ole ulospäin lämpövirtaa, joka kuvattaisi rakennetta ja vauhdittaisi ilmapirtausta ilmaaossa.

5 PARVEKKEIDEN BETONIRAKENTEIDEN KUNTO

5.1 Havainnot ja mittaustulokset

5.1.1 Yleistä

Parvekkeet ovat tornin julkisivusta ulkonevia, takareunastaan itäsiivu muuraukseen tukeutuvia ja etukulmien kantavien pilarien välitykselle perustuksilleen tuettuja maalaamattomia teräsbetoniparvekkeita.

Piirustusten mukaan parvekelaattojen yläpinnassa on noin 40 mm paksuinen hienorakeinen pintalaatta ja kantava laatta on 80 mm paksuinen. Parvekelaattojen alapinnan raudoitus on Ø6 mm harjaterästä. Reunapalkin alapinnan pääteräket ovat Ø12 mm harjaterästä. Pilarien kulmien ja pitkän sivun keskellä on ulkokuorien raudoituksena Ø15 mm harjateräket.

Parvekelinja on sidottu parvekelaatan keskellä betoniseen torniin V-muotoisella Ø 12 mm ruostumattomalla terässiteellä.

Kohteen parvekkeet ovat alkuperäisiä. Pinnakaiteiden puinen käsijohde lahoaa. Kaiteen yläreunassa 3" x 2" suorakaideputki 3,2 mm seinämäpaksuudella. Putki on pilarien väliin kiinteästi päistään kiinnitetty. Kiinnityskohdissa pilrin betoni on lohkeillut. Parvekkeet ovat tornin itäisivulla ja niitä on 5 kappaletta.

Piirustusten perusteella parvekelaatassa on 40 mm pintalaatta ja 80 mm kantava laatta. Tämä vastasi silmämääräisiä kenttähavaintoja. Parvekekaiteiden yläreunassa on teräsrakenteinen käsijohde. Parvekekaiteiden tai laatan yläpinnoissa ei ole suojapellityksiä.

Parvekkeiden itäisivulla on 300x300 reunapalkki, joka liittyy päistään päätypilareihin. Palkin pääteräket ovat piirustuksen mukaan 3 Ø 12 mm. Pilarit ovat 250 x 500 ja niiden pääteräket ovat kulmissa ja pitkän sivun keskellä. Pääteräket ovat piirustuksen mukaan 6 Ø 15 mm.

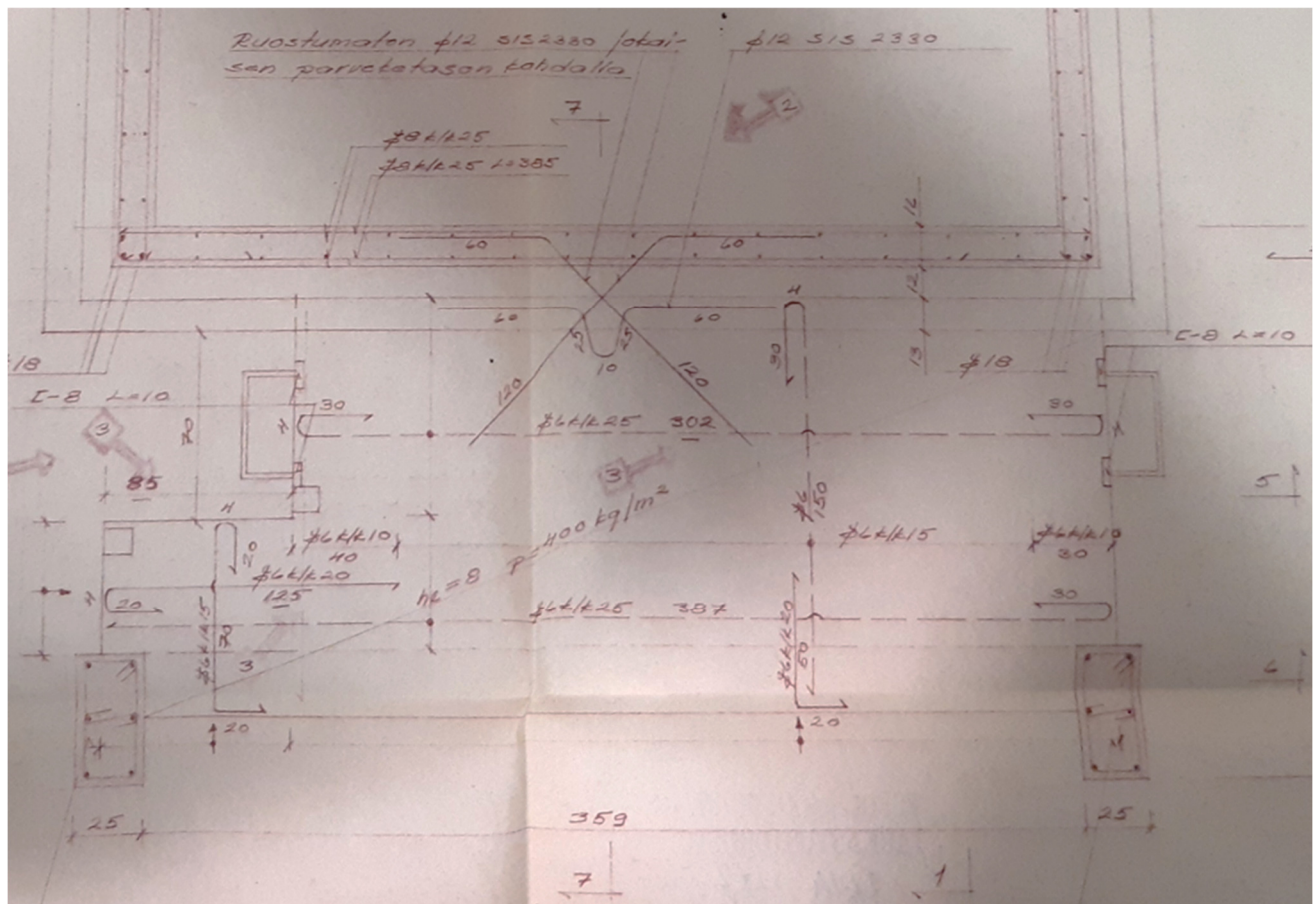
Kuvat 3 ja 4: Yleiskuvat parvekkeiden ulko- ja sisäpuolelta.

Parvekkeiden vedenpoisto on toteutettu laatan reunan yli etelä- ja pohjoispäästä. Parvekekatto on tornin kattoa ja vedenpoisto on sisäpuolinen tornin vesikaton katon kautta.

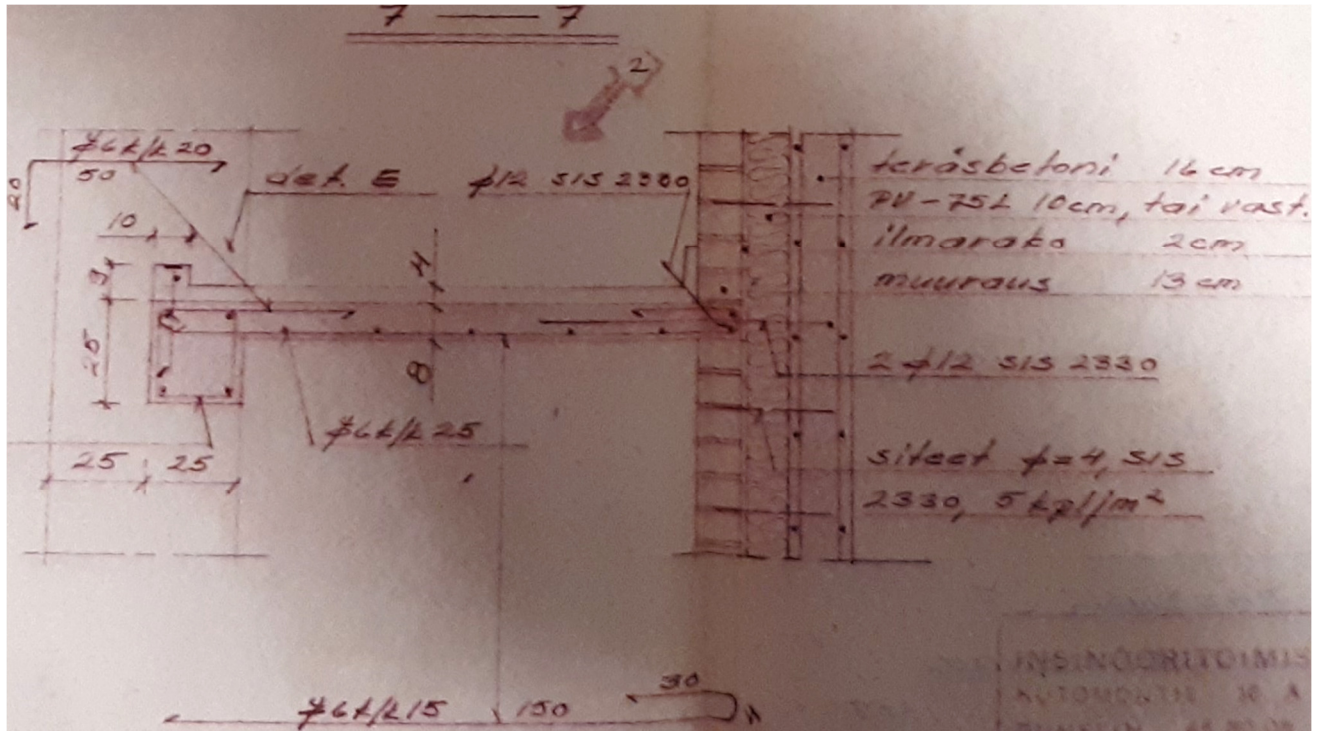
Käytössä olleiden piirustusten perusteella parvekkeiden pilarit ovat 250 x 500 mm ja niiden raudoituksena on 6Ø15 mm:n harjateräket. Parvekkeen etureunan palkki on 205x250 ja sen pääteräket ovat 3 Ø12. Parvekelaatassa on noin 80 mm kantava osa, joka on betonoitu yhteen reunapalkin kanssa. Parvekelaatan pintalaatta on 40 mm paksuinen. Pintalaattaan ovat valettuna parvekkeen taustaseinän juuressa oleva korkea jalkalista ja parvekkeen itäisivun pinnakaiteen juuressa noin 9n mm reunakorotus. Pintalaatta ja jalkalista ovat piirustuksen mukaan raudoittamattomia. (havaintona jalkalistassa oli esiin ruostuneita pitkittäisteräksiä ja ylimmän (oviaukollisen) parvekkeen pohjoispään jalkalista oli kokonaan irti). Etureunan korokkeessa on kantavasta laatasta korokkeen pintaan asti nouseva tapitus ja yksi Ø7 mm pitkittäisteräs. Pinnakaiteen alalista on ollut tarkoitus hitsata näihin tappeihin. Havaintojen mukaan pinnakaiteen alalista ei enää ollut tapituksessa kiinni vaan kaide taipui alareunastaan työnnettäessä.

Parvekkeille on kuljettu etelä- ja pohjoispäihin sijoitettujen talotikkaiden kautta. Eteläpäädyssä pinnakaide päättyy tikkaiden syvennykseen. Pinnakaiteen päätytolppa on turvonnut ja osa haljennut sisään kertyneen veden jäätyessä.

Päätytolpan vierestä tikassyvennyksen puolelta pintalaatta on lohjennut pois (ilmeisesti jo varhaisessa vaiheessa). Nämä kohdat on jälkikäteen muotoiltu paksuilla kuitulaastisilla betonipaikkauksilla.



Kuva 175: Osakopio rakennepiirustuksesta. Kuvassa on esitetty parvekelaatan liitos tornin julkisivuun ja sisärunkoon. Parvekelaatan takareuna on tuettu muurattuun julkisivuun eikä betonirunkoon. Vaajajäykistys on tehty eristeen läpi X-muotoisella Ø12 mm ruostumatomilla tangoilla. Valjaiden kiinnitystä varten parvekkeen pinnalle nousee ruostumaton Ø12 mm lenkki. (RAK-31 Halliosa Letkutorni. Insinööritoimisto Salonen & Lautiainen 1.4.1971).



Kuva 186: Detaljipiirustus parvekkeen sidonnasta rakennuksen runkoon liitoksesta muurattuun julkisivuun. Kuorimuurin ja kantavan laatan välillä ei ole liikevaroja. (RAK-31 Halliosa Letkutorni. Insinööritoimisto Salonen & Lautiainen 1.4.1971).

5.1.2 Kenttätutkimushavainnot parvekerakenteista

Parvekelaatat

- Parvekelaattojen yläpinnassa ei ole pinnoitetta ja pintalaatan pinta on rapautunutta.
- Parvekelaattojen alapinnassa on kuitulaastikerros laastipaikattuna ja slammattuna. Alapinnassa oli havaittavissa pinnoitusten jälkeen uudelleen muodostuneita korroosiovaurioita ja lohkeamia.
- Parvekkeen taustaseinän muurausta vasten olevat jalkalistat ovat osin irti ja niiden pitkitäisteräksiä on ruostunut esiin.

Pilarit

- Pilarit ovat pinnoittamattomat ja lautamuottipintaiset
- Pilarien pinnalla kasvaa jäkälää.
- Parvekkeiden kaideputkien liitoksessa pilarin betonissa on lohkeamia (putken lämpöliikkeit kahden jäykän kiinnityksen välillä).
- Parvekelaattojen ja pilarin liitoksessa oli paikoin esiin ruostuneita teräksiä.
- Teräkset näyttivät laatan reunalenkeiltä

Parvekekaiteet

- Parvekekaiteiden (pinnakaide) tankoväli on harva.
- Alareunan kiinnitys on puutteellinen ja kaiteen alapää heilui liikuteltaessa.
- Parvekekaiteiden teräksisissä, maalatuissa putkipalkeissa oli maalaus ja korroosiovaurioita
- Kaiteen pystytolpat olivat turvonneet ja haljenneet putken sisään kertyvän veden jäätymisestä.
- kaiteen putkipalkkien pinnalla käsijohdepuu on lahoamassa

Etureunan palkki

- Alakulmista on irronnut isoja betoni ja korjauslaastikappaleita
- Kappaleita poistettiin 5 kerroksen etureunan palkista ja parvekekaton etureunan palkista suurten valaisimien välistä.
- Esiin ruostuneita pääteräksiä oli palkin pohjassa näkyvissä paikoin
- alakulman irtautuneet suuret laastipaikat (kahdessa ylimmässä palkissa poisto)

Parvekekatto

- osa tornin vesikattoa, luku 6.



Kuva 19. Parvekkeen rakenteita pohjoisesta. Tornin ylimmän parvekkeen irronnut ovi retkotti kai-teen päällä. Pilarissa näkyy yksi ruosteine hakateräs.



Kuva 20.

Eteläpään kaidetolpat olivat jäätyneen veden pullistamia. Tolpan juuren lohkeavat pintalaatatankappaleet olivatkin korjauslaastista muotoiltuja. Nämä kulmakappaleet poistettiin joka parvekkeesta.



Kuva 21. Pinnakaiteen alatanko ei ollut enää kiinni reunapalkin tartunnoissa.



Kuva 22. Pinnakaiteen putkipalkki on repinyt irti pilarin pintaa.

5.1.3 Silmämääräisiä havaintoja betoninäytteistä

Parvekelaatta (LA)

- Parvekelaatoista porattiin yhteensä yksi näyte rakenteen läpi.
- Laatan yläpinta oli karkeaksi rapautunut. Näytteessä oli yläpinnassa noin 37 mm paksuinen hienorakeisempi ja huokoisempi pintalaatta (suunnitelmissa 40 mm).

- Pintalaatan ja kantavan laatan rajapinta oli epätasainen.
- Pintalaatan ja kantavan laatan rajapinnalla näkyy noin 1 mm levyinen karbonatisoitumisjuova
- Näytteen karbonatisoituminen oli vähäistä, mikä johtunee jatkuvasta korkeasta kosteudesta.
- Näytteen alapinnassa oli noin 1 mm paksuinen kerros korjauslaastia tai tasoitetta.

Pilari (PI)

- Pilarinäytteitä oli 1 kpl.
- Lautamuottikuvioisen betonipinnan sementtiliima oli kulunut paljastaen pienten runkoainesarakeiden pinnan. Pinnalla oli matalaa jäkäläkasvustoa.
- Yksityiskohtaiset havainnot liitteessä 2.

Parvekkeen etureuna palkki (PA)

- Palkkinäytteitä oli 1 kpl.
- Ulkopinnassa oli 1-2 mm paksuinen sileäksi hierretty korjauslaasti tai tasoitekerros.
- Näytteeseen osui kolme syvällä ollutta ruosteetonta terästä (uloinna 6 mm pystyhaka, sitten 12 mm pitkittäisteräs ja sisimpänä laatan teräksen vaakalenkki.
- Karbonatisoitumissyvyyden maksimi on betonissa olevan ja osittain korjauslaastilla täyttyneen pintahuokosen kohdalla.
- Yksityiskohtaiset havainnot liitteessä 2.



Kuva 23: Fenoliftaleiini-indikaattorilla käsitellyt parvekenäytteet, indikaattori värjää karbonatsoitumattoman betonin pinkiksi / lilaksi. Vasemmalla laatta, keskellä pilari ja oikealla palkki. Karbonatsoitumissyvytydet olivat pieniä.

5.1.4 Betonin karbonatsoituminen

Parvekelaatta (LA)

- Kantavan laatan alapinta 1 mm (karbonatsoitumiskerroin $0,14 \text{ mm}/\sqrt{a}$)
- Pintalaatan yläpinta 2 mm (karbonatsoitumiskerroin $0,28 \text{ mm}/\sqrt{a}$)
- Yksityiskohtaiset havainnot liitteessä 2.

Parvekelaattojen alapinnoissa betonin karbonatsoitumiskerroin on yleensä suuruusluokkaa $2,0\text{--}4,0 \text{ mm}/\sqrt{a}$, mikä vastaa 50 vuotta vanhoissa rakenteissa $14\text{--}28 \text{ mm}$ karbonatsoitumissyvyyttä. Parvekelaattojen yläpinnoissa betonin keskimääräiset karbonatsoitumiskertoimet ovat tyypillisesti pienempiä kuin alapinnoissa, yleensä suuruusluokkaa $0,5\text{--}2,5 \text{ mm}/\sqrt{a}$, mikä vastaa 50 vuotta vanhoissa rakenteissa $5\text{--}18 \text{ mm}$ karbonatsoitumissyvyyttä.

Pilari (PI)

- Ulkopinnasta 2 mm (karbonatsoitumiskerroin $0,28 \text{ mm}/\sqrt{a}$)
- Yksityiskohtaiset havainnot liitteessä 2.

Parvekkeen etureunan palkki (PA)

- Palkin ulkopinta 1 mm (karbonatisoitumiskerroin $0,14 \text{ mm}/\sqrt{a}$)
- maksimi 7 mm oli osittain korjauslaastitautteisen onkalon kohdalla
- Yksityiskohtaiset havainnot liitteessä 2.

Parvekekaiteissa (vastannee parhaiten reunapalkkia) betonin karbonatisoitumiskerroin on yleensä suuruusluokkaa $1,0\text{--}3,5 \text{ mm}/\sqrt{a}$, mikä vastaa 50 vuotta vanhoissa rakenteissa $7\text{--}25 \text{ mm}$:n karbonatisoitumissyvyyttä.

5.1.5 Betonin kloridipitoisuus

Betonirakenteiden kloridipitoisuusmittauksissa ei havaittu haitallista määrää klorideita.

5.1.6 Terästen betonipeitepaksuudet

Tarkemmat peitepaksuusjakaumat on esitetty liitteessä 3.

Parvekelaatta (LA)

- Laatan alapinnan 6 mm terästen peitepaksuuden keskiarvo oli 17 mm.
- Eniten peitepaksuuksia osui 13 mm syvyydelle.
- Pienin mitattu peitepaksuus oli 4 mm.
- Laatan alapinnassa oli silmämäärin esiinruostuneita ja betonipeiteensä lohkaisseita teräksiä.
- Yksityiskohtaiset havainnot liitteessä 3.

Pilari (PI)

- 15 mm terästen peitepaksuuden keskiarvo oli 37 mm.
- Pienin mitattu peitepaksuus oli 8 mm.
- Peitepaksuusjakauma oli "kaksihuippuinen" eli pilarin ympäri mitattaessa raudoite ei ollut keskellä vaan lähempänä toista pintaa.
- Yksityiskohtaiset havainnot liitteessä 3.

Parvekkeen etureuna palkki (PA)

- 12 mm terästen peitepaksuuden keskiarvo oli 29 mm.
- Eniten peitepaksuuksia osui 28 ja 29 mm syvyydelle
- Pienin mitattu peitepaksuus oli 15 mm.
- Yksityiskohtaiset havainnot liitteessä 3.

5.1.7 Betonin huokoisuusarvot

Kapillaarisuus

Vedenimu painoprosentteina kuivapainosta:

Parvekelaatta (LA)

- Pintalaatan vedenimu oli 7,3 %.

- Kantavan laatan vedenimu oli 4,9 %

Pilari (PI)

- Pilarin vedenimu oli 5,4 %.

Parvekkeen etureuna palkki (PA)

- vedenimu oli 5,9 %.

Suojahuokossuhde

Kapilaarisesti täyttymättömän huokostilavuuden suhde kokonaishuokostilavuuteen:

Parvekelaatta (LA)

- Pintalaatan betonin suojahuokossuhde oli 0,11.
- Kantavan laatan betonin suojahuokossuhde oli 0,7

Pilari (PI)

- Pilarin betonin suojahuokossuhde oli 0,04.

Parvekkeen etureuna palkki (PA)

- Parvekkeen etureuna palkin betonin suojahuokossuhde oli 0,01.

5.1.8 Betonin vetolujuus

Parvekelaatta (LA)

- Pintalaatan ja kantavan laatan väline tartuntalujuus oli 1,6 MPa.

Pilari (PI)

- Pilarin betonin vetolujuus oli 1,6 MPa.

Parvekkeen etureuna palkki (PA)

- Palkin etureunan betonin vetolujuus oli 1,7 MPa.

5.1.9 Ohuthietutkimukset

Ohuthietutkimuksia ei näytteille tehty.

5.1.10 Johtopäätökset parvekkeiden kunnosta

5.1.11 Raudoitteiden korroosio

Parvekelaatta (LA)

- Parvekelaatan alapinnassa on korroosiovaurioita, joita on laastipaikattu ja peitetty slammaamalla. Vaikka karbonatisoituminen on vähäistä ovat lähellä pintaa olevat teräkset ruostuneet esiin.
- eteläpään kaidetolppien teräksisten tartuntalevyjen reuna on aivan betonin pinnassa
- Näkyvät korroosiovauriot tulevat kohdassa lisääntymään
- Kaideputken turpoaman aiheuttamat pintalaatan vauriokohdat on täytetty korjauslaastilla, joka on jo nyt irti ja paloja poistettiin putoamisen estämiseksi.
- Kaidetolpan juuren korroosio jatkuu.

Pilari (PI)

- Karbonatisoituminen oli vähäistä ja betonipeite oli runsas.
- Raudoite ei ole ollut muotissaan keskeisesti, joten pilarin toisen betonipeite on pienempi kuin toisella reunalla.
- Tämä vaihtelee kerroksittain.
- Muutamit pilareissa näkyvät ruostuneet teräkset ovat esimerkiksi parvekelaatan raudoituksen tartuntalengkkejä.
- Pilarien näkyvien korroosiovaurioiden määrä ei todennäköisesti lisäännä.

Parvekkeen etureunan palkki (PA)

- Palkkien alapinnassa on yksittäisiä näkyviä pääteräksi.
- Betonipeite oli kuitenkin keskimäärin hyvä.
- näkyvien korroosiovaurioiden määrä ei todennäköisesti lisäännä.
- Parvekkeiden betonirakenteiden ulkokulmien pudonnutta betonia on korjattu paksuin kuitulaastipaikkauksin. Parvekelaatan alapinnan korroosiovaurioiden takia alapinnat olivat laastipaikattuja ja slammattu kuitulaastilla.

5.1.12 Betonin pakkasrapautuminen

Parvekelaatta (LA)

- Parvekelaattojen pintalaatan yläpinta oli rapautunut.
- rapautumien jatkuu

Pilari (PI)

- Ei silmämäärin pakkasrapautumaa
- rapautumaa ei ole odotettavissa

Parvekkeen etureunan palkki (PA)

- Palkin alakulmien lohkeamia on voinut pakkasrasitus jouduttaa
-

5.1.13 Halkeilu ja muodonmuutokset

Silmämäärin parvekkeen laatasta, pilareissa tai etureunan palkissa ei havaittu poikkeuksellisia muodonmuutoksia.

Havaittu halkeilu liittyi teräskorroosion aiheuttamiin lohkeamiin ja syvien laastipaikkausten irtoamiseen parvekelaatasta ja etureunan palkin alareunoista.

5.1.14 Pinnoitteet ja pintatarvikkeet

- Pinnoitteita ei rakenteissa ollut.

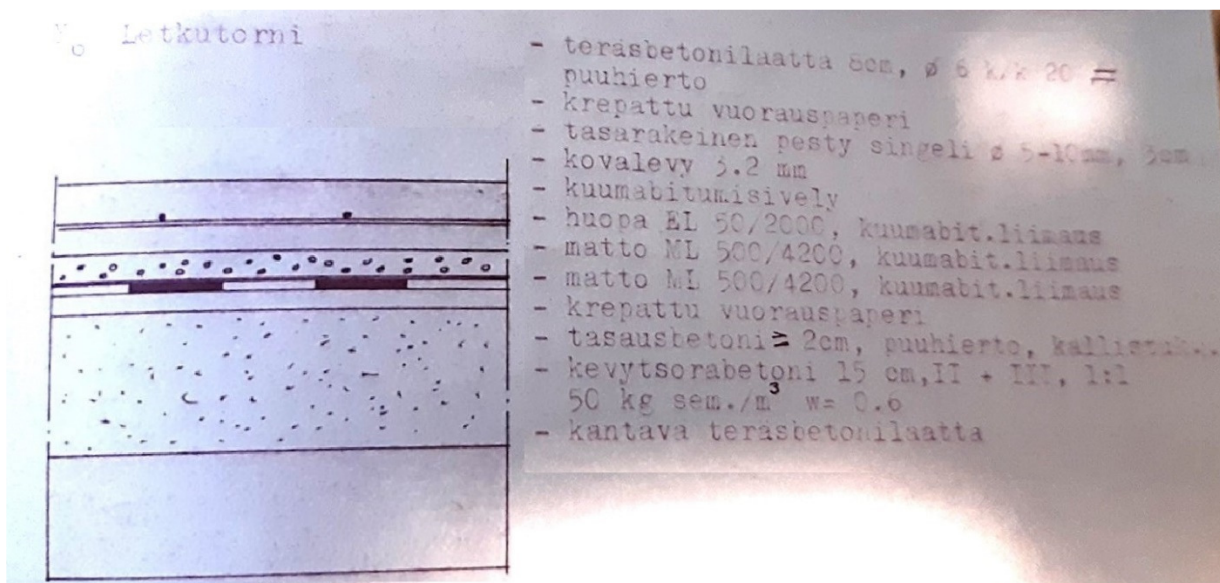
5.1.15 Kosteustekninen toimivuus

Parvekkeiden kosteustekninen toimivuus on huono. Vesi kertyy avoimen rakenteen takia helposti jo nyt rapautuneiden parvekelaattojen pinnalle ja valuu alas hallitsemattomasti laattojen päistä.

6 VESIKATTORAKENNE

6.1 Havainnot ja mittaustulokset

6.1.1 Yleistä



Kuva 24. Letkutornin vesikaton rakennetyyppi (YP6).

Rakennetyypin Y6 Letkutorni Kansilaatta (tiilimuurien välillä) on 80 mm paksu ja betoni on K300. Kansilaatan alla on vuorauspaperi, 30 mm singelikerros, 3,2 mm kovalevy ja vedeneristekerrokset bitumista. Näiden alla on >20 mm tasausbetoni, 150 mm kevytsorabetonia ja 200 mm paksuine kantava teräsbetonilaatta. Verhomuurauksen ylimmän varvin pystysaumot ovat laastittomat (singelikerros tuulettune räystäällä verhomuurauksen läpi).

Kantavana laattana (betonirungon matkalla) on 140 mm paksuinen K250 teräsbetonilaatta. Katon keskellä on 500 x 500 tuuletusaukko, jonka 100 mm paksuiset seinät tukeutuvat

kantavaan laattaan ja ulottuvat noin 200 mm vasikaton yläpuolelle. Tuuletusaukon seinät on erotettu kansilaatasta 12 mm bituliitti-levyllä. Ylempi kattolaatta on vedeneristetty rakennetypistä Y6 poiketen. Katon näkyvänä pintana oli havaintojen mukaan sirotepintainen bitumikermi joka nousee tuuletusaukon seinien ulkopinnalle. Katon räystäällä kermi on katkaistu kattolaatan yläsärmää pitkin ja kiinnitetty laattaan 50x50 alumiinikulmatangoilla.

Tornin katon reunoilla on vain kaideputket (ei varsinaista kaidetta) 76,2 x 50,8 x 3,2 ja kulmissa kaidetolpat 50,8 x 50,8 x 3,2.

6.1.2 Havaintoja kohteelta

- Vesikatolla on yhtenäistä jäkäläkasvustoa.
- Vesikaton ulottuma julkisivun yli on lyhyt. Otsapinnassa on kattolaatan betonia, jonka alareuna rapautuu.
- Yläreunassa ei ole vesipeltiä eikä vastapeltiä.
- Vesikaton kaadot ainoaa ”kattokaivoa” kohden eivät ohjaa vettä kaivolle, vaan vesi lammituu tornin katolla tuuletushormin viereen.
- Kermiä on paikattu muutamista kohdista. Katteen pinnassa on runsaasti jäkäläkasvustoa.
- Kermin sirotepinta on yleisesti melko kulunut ja kermin käyttöikä alkaa havaintojen perusteella olla loppupuolella. Kermin ikä ei ole tiedossa ja se saattaakin olla uudempi kuin rakennusvaiheessa asennetut vedeneristeet.
- Yläpohjatilasta tehtyjen havaintojen perusteella yläpohjassa ei oli vesivuotoja tornin sisään.



Kuva 25: Tornin vesikattoa etelästä kuvattuna. Räystäällä jossakin vaiheessa asennettu vedeneriste on katkaistu betonirakenteiden yläsärmästä ja kiinnitetty alumiinikulmilla. Kermin pinnalla kasvaa jäkälää. Nuolen kohdalla laatan alareunan betonista on pudonnut pitkä kappale.



Kuva 26. Tornin vesikaton kulma. Muurauksen ja betonilaatan välissä on orgaanista ainesta. Ylimmään tiilivarvin saumat on jätetty laastittomiksi. Oikealla on rapautunutta muurauslaastia ja sitten lyhyt, irtautunut korjauslaastisauman pätkä.



Kuva x: Tornin vesikaton kulma. Ylemmän betonilaatan pinta on rapautunut. Suunnitelmasta poiketen tässä on bitumikermi laatan pinnalla.



Kuva c. Tornin katossa oli sähkövinssi. Betonikatossa ei ollut merkkejä vuodoista. Vesikaton "syöksytorvi" näkyy nurkassa.

7 MUUT RAKENTEET

Ulko-ovi

Vettynyt ja painava ulko-ovi siirrettiin parvekekaiteeseen nojaamasta sisälle tornin yläpohjatiilaan. Kuivunut ovi on kevyempi siirtää pois tornista.

Autohallin sadevesikourut

Kourut olivat täyttyneet multamaisella orgaanisella aineksella. Vesi menee yli kourun laidan ennen kuin syöksytörven kautta.

8 KOHTEEN TURVALLISUUTEEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT

Etenkin autohallin kulkuovien kohdalla parvekkeiden irtoavat betonikappaleet ovat vaaraksi alapuolella kulkeville ihmisille tai ajoneuvoille.

9 LISÄTUTKIMUSTARVE

Ennen korjauksia tai purkuja on rakenteille tehtävä tarvittavat asbesti- ja haitta-ainekartoitukset.

Helsingissä, syyskuun 27. päivänä 2024

Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy

Raportin laatinut:

Hyväksynyt:



Pekka Kokko
Dipl.ins.



Simo-Pekka Valtonen
Dipl.ins.

27.9.2024

Kivimiehen Helmi Oy
c/o Newil&Bau + Kusinkapital
Pohjoinen makasiinikatu 6 A
00130 HELSINKI

Viite:

Asia:

Rakenneselvitys kohteen säilytettävyydestä ja korjattavuudesta

Kiinteistön omistajan pyynnöstä Insinööritoimisto Lauri Mehto Oy on perehtynyt Otaniemen vanhan paloaseman letkutornin rakenteelliseen säilytettävyyteen ja korjattavuuteen. Vanhat alkuperäiset rakennesuunnitelmat löytyivät Espoon kaupungin arkistosta. RI Janne Autere, DI Pekka Kokko ja DI Simo-Pekka Valtonen kiersivät kohteen 3.9.2024. Tarkempi rakenneselvitys tehtiin nostokorista käsin 18.9.2024. Raportti nostokorista tehdyistä havainnoista on tämän selvityksen liitteenä (Julkisivurakenteiden rakenneselvitys 27.9.2024).

Selvitykset liittyvät kaavamuutokseen, jossa letkutornin ympärillä olevat rakennukset ja rakennelmat puretaan ja letkutorni jätetään paikoilleen asemakaavassa mahdollisesti määriteltävän suojelumerkinnän mukaisesti.

Letkutorni seisoo tukevasti maanvaraisten perustusten varassa. Tornin tiiliosan ja betonirungon alla on yhtenäinen iso betonilaatta ja pihalle ulottuvien parvekepilarien perustukset ovat erillään, mutta kuitenkin samassa tasossa pääanturan kanssa. Ympäröivät hallirakenteet eivät tue tai jäykistä tornia, joten kellarin purkaminen tornin ympäriltä ei vaaranna tornin stabiiliteettia eivätkä rakenteet vaadi lisäjäykistyksiä tai vahvistamista.

Lisärakentamista rajoittaa se, että uusien rakennusten perustukset eivät saa ulottua letkutornin läheisyydessä vanhojen perustusten alapuolelle ilman perustusten tuentaa ja vahvistustöitä. Asemakaavassa on otettava huomioon, että aivan letkutornin viereen ei voi rakentaa uudisrakennusta ilman merkittäviä pohjarakennetuntoja.

Rakennetutkimuksissa selvisi, että rakennuksen tiilimuuraus on ylittänyt teknisen käyttöikänsä jo 10-20 vuotta sitten. Laastisaumoja on yritetty korjata ja tiivistää, mutta vaurioituminen on jatkunut. Vaakasaumoissa laasti on paikoitellen "hiekkamaista" eivätkä muuraussiteet ole enää kunnolla kiinni muurauksessa. Vaakasaumojen raudoitteet, jotka sitovat rengasteräksinä tiilimuurausta tornin ympäri, ovat melkein poikki syöpyneet. Tiilissä esiintyy lohkeilua ja pakkasrasituksen aiheuttamaa halkeilua. Tiilimuurauksen vaurioituminen on ollut todella nopeaa.

Kylmän tornin rakennusfysikaalinen toiminta poikkeaa merkittävästi normaalin lämmitetyn rakennuksen kuorimuurauksesta. Letkutornin tiilimuurauksen takana on kapea tuuletusrako ja lämmöneristykseenä 100 mm mineraalvilla. Ongelma on, että lämpöä ei ole eristettäväksi. Normaalisti lämpimän tilan ulkoseinän tuuletusraossa ilma kiertää, koska rakennuksen lämpö vuotaa hiljalleen seinän

läpi nostaen ilmaa ylös päin tuuletusraossa tiilimuurausta kuivattaen. Kylmässä letkutornissa ei tätä kuivatusenergiaa ole.

Säilytettävyyden kannalta rakenteen lämmityksen puute on ongelma. Vaikka tiilimuuraus uusitaan, sen käyttöikä on merkittävästi lyhyempi kuin lämmitetyn rakennuksen ulkoseinässä, noin 30-40 vuotta kuten nykyisellä muurauksella. Vaihtoehto on, että torni lämmitetään ja siihen järjestetään pieni ylläpitoilmanvaihto.

Parvekkeiden kunto on melko huono. Korroosiotilanne pilareissa on hyvä ja laatoissa tilanne on raskaalla kunnostuksella korjattavissa. Parvekelaattojen reunoilla esiintyy merkittäviä pakkasvaurioita, jotka ovat tässä vaiheessa vielä korjattavissa. Teräskateet ovat vaurioituneet kondenssireikien puutteen takia. Jäätynyt vesi on paikoin halkaissut putket.

Parvekkeiden vauriot ovat siis melko pitkällä. Tämän tyyppisten raskaiden betonikorjausten käyttöikä on kokemuksen mukaan vain noin 10-15 vuotta, jonka jälkeen rakenne on uusittava kokonaan. Uusitun rakenteen käyttöikä on 50 vuotta.

Tornin sisätila on niin pieni, että käyttötarkoituksen muutokset asumiseen tai muuhun käyttöön eivät rakenteellisesti onnistu. Muuttaminen lämpimäksi tilaksi vaatii lisälämmöneristystä, mikä vaikuttaa tornin ulkomittoihin. Välipohjien ja aukotusten rakentaminen onnistuu rakenteellisesti. Tornin siirto on teoriassa mahdollinen, jos rakenne sahataan pihatason korkeudelta poikki. Torni nostetaan tunkkauksella ylös ja alle asennetaan teräspalkit ja vinotuennat sekä rissapyörät. Pihatasolle rakennettujen rataiskojen varassa torni voidaan siirtää joitakin kymmeniä metrejä sivuun ja laskea uusille perustoille. Tämän operaation kustannukset ovat melko korkeat ja epäonnistumisen riskit suuret.

Rakennusfysiikan ja rakenteiden kannalta letkutorni on kaikissa vaihtoehtoissa käytännössä rakennettava uudelleen.

INSINÖÖRITOIMISTO LAURI MEHTO OY



Simo-Pekka Valtonen
toimitusjohtaja, dipl.ins.