

Tommi Mutanen  
Olympiastadion, betonirakenteiden korjaus ja  
rappauksen restaurointi

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Rakennustekniikka

Opinnäytetyö

28.02.2018

<p>Tekijä(t) Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Tommi Mutanen Olympiastadion, betonirakenteiden korjaus ja rappausten restaurointi</p> <p>83 sivua 28.02.2018</p>
<p>Tutkinto</p>	<p>Insinööri (YAMK)</p>
<p>Koulutusohjelma</p>	<p>Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma</p>
<p>Suuntautumisvaihtoehto</p>	<p>Korjausrakentaminen</p>
<p>Ohjaaja(t)</p>	<p>Aimo Heimala, Erityisasiantuntija, Sweco Asiantuntijapalvelut Jaakko Yli-Säntti, Toimitusjohtaja, Sweco Asiantuntijapalvelut Hannu Hakkarainen, Yliopettaja</p>
<p>Olympiastadionin mittava perusparannus käynnistyi suunnittelun osalta vuonna 2012. Hankkeessa peruskorjataan Helsingin Olympiastadion kokonaisuudessaan, lisätään uusia poistumisteitä katsomoon, muutetaan tiloja, rakennetaan uusia tiloja maan alle sekä katetaan koko Olympiastadion sen kattamattomilta osilta.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli perehtyä Olympiastadionin historiaan rakennusjanankohdasta eteenpäin tehtyjen korjausten osilta. Opinnäytetyön tekohetkellä olivat Olympiastadionin perusparannuksen korjaustyöt parhaillaan käynnissä ja tällä tutkimuksella pyrittiin syventämään, täydentämään ja myös tarkentamaan osin jo laadittuja työohjeita ja selostuksia. Tavoitteena oli saada tutkitusti suoritettavasta korjaustyöstä historiallisesti, arkkitehtonisesti ja teknisesti mahdollisimman pitkäikäinen ja kestävä lopputulos.</p> <p>Tutkimuksen lähtötietoina käytettiin kaikkea mahdollista opinnäytetyön tekijän saatavilla olutta historiallista aineistoa ja vanhoja suunnitelmapiirustuksia. Lähtötietoina oli myös Swecon kohteesta keräämä mittava aineisto. Tärkeimmässä osassa olivat kohteeseen tehdyt lukuisat ja varsin kattavat kuntotutkimukset.</p> <p>Opinnäytetyö eteni asetettujen tavoitteiden myötä kolmessa vaiheessa. Alussa kerättiin mahdollisimman kattava tutkimusaineisto. Toisessa vaiheessa aineistoa hyväksi käyttäen laadittiin opinnäytetyön tekstiosio, jossa spekuloidaan erilaisia vaihtoehtoja korjauksiin rakennuksen historia huomioiden. Lopussa esitetään ehdotettavat suoritettavat korjaustyöt betonirakenteiden korjausten ja rappausten osalta.</p> <p>Tämän opinnäytetyön perusteella päivitetään korjaustyöselostus betonirakenteiden korjausta ja rappausten restaurointia varten.</p> <p>Tämän opinnäytetyön tulosten seuraaminen olisi mielenkiintoista selvittää tulevaisuudessa. Seuraavassa tutkimuksessa selvitetään, toteutettiin ko korjaustyöt tämän tutkimuksen ehdotusten mukaisesti ja arvioidaan korjaustöiden onnistumista verrattuna tähän tutkimukseen ja valittuihin toteutusratkaisuihin.</p>	
<p>Avainsanat</p>	<p>Olympiastadion, betonirakenteiden korjaus, rappausten korjaus</p>

Author(s) Title	Tommi Mutanen Renovation of Concrete Structures and Restoration of Plaster Facades at Olympic Stadium
Number of Pages Date	83 pages 28 February 2018
Degree	Master's Degree in Civil Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Renovation
Instructor(s)	Aimo Heimala, Senior Advisor, Sweco Expert Services LTD Jaakko Yli-Säntti, CEO, Sweco Expert Services LTD Hannu Hakkarainen, Principal Lecturer
<p>The plans for the largescale renovation and extension of the Olympic Stadium Helsinki were begun in 2012. The renovation work covers the Olympic Stadium in its totality. New emergency exits will be added to the stands, the premises will be renewed, new underground premises will be built and the uncovered areas of the Olympic Stadium will be covered with roofing.</p> <p>The purpose of this graduation study was to study the entire renovation history of the Olympic Stadium. At the time of the writing of the study, the renovation work was underway. The study attempts to supplement the work instructions and commentaries which have already been partly drawn up. This will aid in making the end results of the renovation work historically and architecturally as accurate as possible and as technically functional and enduring as possible.</p> <p>Historical materials and old plan drawings were used as the starting point for the study. Another important source of information has been the extensive resources gathered by Sweco. The most important part of the background material consisted of the numerous rather comprehensive condition studies performed on the old structures on site.</p> <p>The thesis progressed along to the set goals in three stages. To begin with, a comprehensive pool of research material was collected. The second phase, based on the materials, offered speculation on the different options for renovation possibilities, taking into account the history of the building. To conclude, a proposal is presented for the way in which the renovation of the concrete structure and plastering should be carried out.</p> <p>Based on the present study, an updated repairs commentary will be written for the restoration of the concrete structures and plaster facades.</p>	
Keywords	Olympic Stadium, renovation of concrete, renovation of plaster facades

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Tutkimusmenetelmät ja työn rajaus	2
2.1	Tutkimusmenetelmät	2
2.2	Työn rajaus	2
2.3	Tutkimusongelmat	3
3	Helsingin Olympiastadion	4
3.1	Historia	4
3.1.1	Suunnittelijat	4
3.1.2	Rakentaminen	6
3.1.3	Laajennukset ja korjaukset	12
3.2	Rakennussuojelu	19
3.2.1	Rakennushistoriallinen selvitys	19
3.2.2	Museoviraston näkemys	20
3.3	Perusparannus 2012-2019	21
4	Helsingin Olympiastadion, rakennejärjestelmän kuvaus	23
5	Rakenteiden kuntotutkimukset Olympiastadionilla	26
5.1	Kuntotutkimukset	26
5.2	Kuntotutkimusten toteutus ja tekijät	27
5.3	Kuntotutkimuksen vaiheet	27
5.4	Betonirakenteet	29
5.5	Rapatut rakenteet	30
6	Betonirakenteiden vauriotyypit	30
6.1	Vauriotyypit yleensä	30
6.2	Katsomon betonirakenteet	32
6.3	Katsomon kantavat betonikehä rakenteet	36
6.3.1	Yleistä	36
6.3.2	Sisemmät kehät	37
6.3.3	Uloimmat kehärakenteet	38

6.3.4	Urheilumuseo	43
6.4	Muut betonirakenteet	46
7	Betonirakenteiden vahvistus	47
7.1	Kantavien betonirakenteiden vauriot	47
7.2	Kuormitukset	49
7.3	Betonirakenteiden vahvistus	50
8	Betonirakenteiden korjaus	52
8.1	Betonirakenteiden korjaustyöt	52
8.2	Korjaustyöselostuksen yleinen osio	52
8.3	Vanhon betonirakenteiden korjaustyöt	58
8.3.1	Korjattavat rakenteet	58
8.3.2	Vanhon betonipintojen korjaus	59
8.3.3	Vanhon korjattujen betonipintojen pinnoitus	60
8.3.4	Ruiskubetonoitujen pilarien, palkkien ja teräsbetonilaattojen korjaukset	60
8.3.5	Betonirakenteiset ulkotasot urheilumuseon alueella	61
9	Rapattujen rakenteiden vauriotyypit	62
9.1	Yleistä	62
9.2	Länsijulkisivu pääkatsomossa ja urheilumuseo	64
9.3	Muut rapatut julkisivut	67
10	Rappausten restaurointi?	68
10.1	Pohdintaa korjaustavan valinnan perusteiksi	68
10.2	Betonikorjaus ja rappausten uusintalaajuus	70
10.3	Rapattujen julkisivujen alusrakenteet	72
10.4	Rappausten uusinta	74
10.5	Rappausten korjaukset	76
10.6	Maalaus ja pinnoitus	77
10.7	Jälkihoito ja kostutus	77
10.8	Ikkunoiden sekä ovien liittymät ja smyygit	78
11	Yhteenveto	78
	Lähteet	81

Liitteet

## Lyhenteet

.

K Kalkki

KS Kalkkisementtilaasti

M Muurausementti

Oly Olympiastadion

S Sementti

## 1 Johdanto

Olympialaiset perustuvat alkuperäisesti antiikin Kreikan Zeus-jumalan kunniaksi järjestettyyn kisailuun. Antiikin Kreikassa kilpailujen välissä oli aina olympiadi, eli neljän vuoden ajanjakso. Nykyaikaiset Olympian kisat eli olympialaiset keksittiin uudelleen 1800-luvun lopulla. Ensimmäiset nykyaikaiset olympialaiset järjestettiin Ateenassa Kreikassa vuonna 1896. tämän jälkeen järjestäjää vaihtui pääasiassa joka kerta neljän vuoden välein pidettävissä kilpailuissa. [1]. Myöhemmin vuonna 1924 järjestettiin ensimmäiset talviolympialaiset. Tuolloin kesä- ja talviolympialaiset erotettiin toisistaan ja järjestettiin molemmat neljän vuoden välein.

Kansainvälinen olympiakomitea perustettiin vuonna 1894 Pariisissa. Vuonna 1907 kutsuttiin kansainväliseen olympiakomiteaan ensimmäinen suomalainen jäsen, paroni Reinhold Felix von Willebrand. [2]. Suomen olympialaisten komitea perustettiin vielä samana vuonna, jotta voitiin valmistautua parhaalla mahdollisella tavalla vuoden 1908 Lontoossa järjestettäviin olympiakisoihin. [2] Alkuvuosina suomalaiset joutuivat kilpailemaan Venäjän lipun alla, mutta saivat käyttää oman maan nimikylttiä. Suomen itsenäistyttyä vuonna 1917 ensimmäisen maailmansodan jälkimainingeissa, saivat suomalaiset vihdoin esiintyä virallisestikin oman lipun alla, Antwerpenin olympialaisissa vuonna 1920.

Suomalaiset menestyivät ensimmäisissä olympialaisissaan maan väkilukuun nähden erinomaisesti. Suomalaiset voittivat vuoden 1920 olympialaisissa 15 kultamitalia ja vuoden 1924 Pariisin kisoissa ennätykselliset 37 mitalia [2]. Suuri mitalimäärä, kansallistunteen kohoaminen ja nopea nousu olympiaurheilun suurmaiden joukkoon herätti Suomessa haaveen päästä myös itse isännöimään olympiakisoja. Tätä varten tuli rakentaa suorituspaikat, riittävästi sopivia majoituspaikkoja vieraille ja kilpailijoille sekä kaiken kruunaava maailmanluokan kilpailuun soveltuva Olympiastadion Suomen pääkaupunkiin, Helsinkiin

Olympiastadionin rakentaminen aloitettiin 12.02.1934 ja se vihittiin käyttöön Presidentti Kyösti Kallion toimesta 12.06.1938 ja otettiin virallisesti vastaan 22.08.1938 [3]. Helsingin olympiastadionia on laajennettu ja korjattu useassa eri vaiheessa sen käyttöänsä aikana. Vuonna 2012 alkoi viimeisimmän ja suurimman korjauksen suunnittelu. Hankkeen nimi on: Helsingin Olympiastadion, perusparannus 2012-2019.



## 2 Tutkimusmenetelmät ja työn rajaus

### 2.1 Tutkimusmenetelmät

Sisällöltään ja laajuudeltaan tämä tutkimus on ylempään ammattikorkeakoulututkintoon liittyvä opinnäytetyö. Tutkimukseen liittyvää aineistoa kerätään Sweco Asiantuntijapalvelut Oy:n hallussa olevasta aineistosta. Lisäksi hyödynnetään vanhoja suunnitelma-asiakirjoja, Museoviraston hallussa olevaa aineistoa, arkkitehtisuunnitelmia sekä suunnittelun ja työmaan aikana syntyneitä innovaatioita, uusia suunnitelmia ja suunnitelmien täydennyksiä. Tutkimuksessa pyritään huomioimaan toteutusnäkökohdat, kustannukset ja suojelulliset arvot mahdollisimman tarkasti hyödyntäen Swecon ja opinnäytetyön tekijän rakennusalalta työhistoriansa aikana saamaa kokemusta. Tutkimuksessa hyödynnetään myös vapaasti saatavilla olevaa kirjallista aineistoa.

Tärkeimpinä tutkimusmenetelminä on vanhojen arkkitehti- ja rakennesuunnitelmien sekä tehtyjen kuntotutkimusten tutkiminen kohteen rakenneperiaatteen selvittämiseksi. Kaikki ei mahdollisesti selviä kuitenkaan näistä asiakirjoista, joten ajankohdan historiallisten lehtien ja kirjallisuuden tutkiminen on myös oleellisessa osassa tietoa kerätessä. Osin tässä työssä tukeudutaan myös kokemuseräiseen tietoon, jota on kertynyt tämän opinnäytetyön tekijälle sekä hänen kanssaan työskentelevälle työyhteisölle. Eräänä lähteenä on esimerkiksi uloimpiin kantaviin pilareihin keskitetty tutkimus, josta raportin on laatinut opinnäytetyön tekijä [4]. Paljon asioita selviää myös työmaan aikana purkutöitä tehtäessä ja uusittavia tai vahvistettavia rakenteita rakennettaessa.

### 2.2 Työn rajaus

Työ rajataan koskemaan vanhojen säilytettävien betonirakenteiden vauriokorjauksia ja kohteen julkisivuihin liittyvien rappauksen restaurointeja ja uusimisia. Näin ollen tämä opinnäytetyö sisältää niin sanotun betonirakenteiden ja näkyvän julkisivun materiaalitekniikan korjauksen. Olympiastadionin perusparannuksen yhteydessä joudutaan tekemään mittavia rakenteellisia muutoksia ja vanhojen rakenteiden vahvistuksia suunniteltujen arkkitehtonisten muutosten johdosta. Muutoksiin kuuluu mm. koko stadionin kattaminen. Nämä tehdyt asiat eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön. Lisäksi alkuperäistä stadionrakennetta ilmentävä pääkatsomon katos, alkuperäiset erilliset lipunmyyntikojut ja stadionin torni on rajattu tästä opinnäytetyöstä pois.

Stadionin tornia on kunnostettu sen historian aikana useaan otteeseen ja tämän opin-  
näytetyön tekijän näkemyksen mukaisesti osin myös teknisesti kestävämmiin perustein  
ja suorastaan väärin. Viimeisin tornin julkisivuun liittynyt kunnostus ja korjaustyö saatiin  
valmiiksi vuonna 2013. Näillä toimenpiteillä voitiin päätyä sellaiseen johtopäätökseen,  
että Olympiastadionin torni voidaan rajata kokonaan pois Olympiastadionin perusparan-  
nuksen suunnittelu ja toteutustehtävistä.

### 2.3 Tutkimusongelmat

Olympiastadion on suojeltu rakennussuojelulailla vuonna 2006 [5]. Stadionin suojelu-  
määre on sr-1. Tutkimusongelmat liittyvät rakenteiden kestävään korjaukseen huomioiden  
suojelulliset ja arkkitehtoniset näkökohdat. Lisäksi kustannukset korjaukselle ovat  
tärkeässä osassa.

Suojelupäätöksen perusteluissa mainitaan, että stadion on kansallinen monumentti ja suo-  
malaisen modernin arkkitehtuurin merkkiteos, jolla on kiistanaton kulttuurihistoriallinen arvo  
suomalaisen urheilun symbolina suurtapahtumien pitopaikkana [5, s. 6].

Kantavien betonirakenteiden korjaus tulee tehdä siten että rakenteen elinkaarelle voi-  
daan luvata 50 vuoden tuleva käyttöikä [6]. Rakenteen pitää kuitenkin mahdollisuuksien  
mukaan näyttää niin paljon alkuperäiseltä kuin se arkkitehtoniset, tekniset ja suojelulliset  
asiat huomioiden on mahdollista. Työmenetelmäksi valittu korjaustapa tulee olla kes-  
tävä, esteettiset vaatimukset täyttävä ja kustannustehokas. Yhtenä tutkimusongelmana  
on selvittää, millä mahdollisilla tavoilla tähän lopputulokseen päästäisiin.

Julkisivut on käytännössä kauttaaltaan rapattu. Perusparannuksen yhteydessä tulee  
saada julkisivut ja kaikki muutkin pinnat mahdollisuuksien mukaan alkuperäiseen loisi-  
toonsa. Voidaanko alkuperäisiä rappauksia säilyttää ja kuinka paljon? Voidaanko alku-  
peräisiä pintoja korjata pelkästään maalaamalla tai pinnoittamalla vai olisiko riittävää kor-  
jata vain paikallisesti ja jättää osa teknisesti säilytyskelpoisista rappauksista kokonaan  
tämän hetkiseen olotilaansa?

Näitä edellä kuvattuja ongelmia kuvataan seuraavissa osioissa tutkimusaineiston perus-  
teella laadittujen pohdintojen ja tutkimushypoteesien kautta.

### 3 Helsingin Olympiastadion

#### 3.1 Historia

Olympiastadionhanke Suomessa sai alkunsa ja käynnistyi kunnolla vuonna 1927. Tuolloin perustettiin Stadion-säätiö ja kehitettiin sen toiminnalle säännöt. Stadion-säätiön perustehtäväksi tuli alkujaan rakennuttaa sellainen stadion Helsinkiin, jotta on mahdollista anoa kesäolympialaisia kaupungin ja Suomen järjestettäväksi [3]. Ajatus Suomessa järjestettävistä olympialaisista oli herännyt menestyksestä, jota suomalaiset urheilijat olivat saaneet ensimmäisistä olympialaisista lähtien, johon olivat osallistuneet. Paikkakysymys ratkesi 1930-luvun alussa, jolloin päätettiin sijoituspaikaksi Helsingin Taka-Töölö.

##### 3.1.1 Suunnittelijat

Vuoden 1933 loppuun mennessä oli järjestetty kohteen suunnittelua varten arkkitehtikilpailu. Tämän arkkitehtikilpailun voitti arkkitehtien Yrjö Lindgrenin ja Toivo Jäntin muodostama parivaljakko. Suunnittelutehtävästä muodostui molemmille pitkäikäinen ja sitä voi sanoa jopa elinikäiseksi suunnittelutehtäväksi. Alussa päävastuun arkkitehtisuunnittelusta, sekä arkkitehtonisesta valvonnasta kantoi Yrjö Lindegren. Lindegrenin kuoltua vuonna 1952, otti Toivo Jäntti vetovastuun arkkitehtisuunnittelua vaativista muutoksista ja laajennuksista.

Vuonna 1934 myönnettiin arkkitehteille mahdollisuus opintomatkaan. He saivat käyttää opintomatkaansa 10 000 mk. Opintomatka kesti viisi viikkoa ja sinä aikana arkkitehdit ilmoittivat tutustuneensa kymmenessä eri maassa tai paikassa erilaisiin stadion laitoksiin. Myöhemmin kuvatessaan suunnitteluratkaisuja ja rakenteita, Lindegren toteaa Wienin ja Torinon betonisten stadionien sekä Pariisin polkupyörästadionin samantyyppisiksi kuin Helsinkiin rakentuva stadion [3]. Amsterdamin stadion Hollannissa, jossa pidettiin vuonna 1928 olympialaiset, on kuitenkin todellisuudessa monin osin samantyyppinen kuin Helsingin Olympiastadion, torni ja urheilumuseorakennus ovat suurimmat näkyvät erot.

Arkkitehdit laativat lukuisia luonnossuunnitelmia ja myös pienoismallin tulevasta Olympiastadionista (katso kuva 1).



Kuva 1. Tuntematon valokuvaaja, Helsingin kaupunginmuseo. Kansainvälisen Olympiakomitean jäsenet puheenjohtaja kreivi Baillet - Latour (vasemmalla) ja tohtori Lewald (4 oikealta) tutustumassa vuonna 1936 Helsingin mahdollisuuksiin järjestää kesäolympialaiset 1940.

Kohteen rakennesuunnittelusta vastaavaksi konstruktööriksi eli rakennesuunnittelijaksi oli valittu arkkitehtikilpailun yhteydessä diplomi-insinööri Jaakko Ilmari Packalenin toimisto. Packalenin toimisto oli tuohon aikaan erittäin arvostettu ja Packalen itse oli Suomen Betoniyhdistyksen ensimmäinen hallituksen sihteeri/asiamies vuosina 1925-1934. Vuoden 1976 jälkeen kyseisessä tehtävässä olevaa kutsuttiin yhdistyksen toimitusjohtajaksi. Puheenjohtajana betoniyhdistyksessä toimi silloinen betonirakenteiden Suomen ykkösosaaja Jalmari Castren [7]. Jaakko Ilmari Packalen kuoli 03.03.1935, tarkemmasta kuolinsyystä ei ole tietoa. Hän oli kuollessaan vasta 49 vuotias [8]. Packalenin toimistossa rakennelaskelmat ja suunnitelmat oli kuitenkin laatinut hänen työntekijänsä diplomi-insinööri Uuno Varjo.

Packalenin kuoltua Uuno Varjo perusti heti vuoden 1935 aikana oman suunnittelutoimistonsa [3] ja jatkoi Olympiastadionin pääkonstruktöörinä. Uuno Varjo pääasiassa suunnitteli apulaistensa kanssa kaikki Olympiastadionin rakenteet, laajennukset ja rakennemu-

tokset kuolemaansa saakka. Uuno Varjo valvoi lisäksi alkuperäistä rakentamista työmaan aikana. Vaativia betonointitöitä Varjo kuvaa seuraavasti antamalla työntekijöille ”korkeimman kiittävän arvolauseen” [3]. Uuno Varjon avustajista mainitaan lähteissä ai-noastaan alkuperäisessä rakennusvaiheessa vaikuttaneet insinöörit Palij ja Hiitteensuo ja laajennusvaiheesta mukana ollut A. Ranki [3]. Uuno Edvin Varjo syntyi vuonna 1895 ja kuoli vuonna 1973.

Tontilla jouduttiin tekemään paikoin mittavia kaivutöitä ja paikoin jouduttiin myös suorittamaan louhintaa. Louhinta-, kaivu-, pinnantasaus- ja kenttäsuunnittelun suoritti insinööri Heikki Valjakka [3].

Olympiastadionille suunniteltiin vesijohdot ja lämpölinjat, oma lämpökeskus savupiippuineen urheilumuseon yhteyteen (entinen tiilinen siipirakennus). Vesijohdot ja lämpölinjat suunnitteli insinööri E. Keso.

Sähkösuunnittelu oli jaettu tässä kohteessa kahdelle eri toimijalle. Vahvavirtasuunnittelun teki teknikko Niilo Jernvall ja heikkovirtasuunnittelun insinööri T.K. Laakso. Kohde oli tämänkin suunnittelualan kohdalta Suomen mittakaavassa ainutlaatuinen. Koskaan aikaisemmin Suomessa ei ollut rakennettu ja suunniteltu urheilukenttiä siten, että kentällä voitaisiin järjestää kilpailuja myös pimeällä [3]. Esikuvana valaistuksen suunnittelussa on mahdollisesti käytetty Berliinin olympiastadionin valaistusta. Äänentoiston ja tulostaulun toteutetut ratkaisut olivat myös Suomessa ennen näkemättömiä.

### 3.1.2 Rakentaminen

Rakennustyöt pääsivät alkuun heti vuonna 1934 helmikuussa maanrakennustöillä. Rakennustöiden aloittamisen kunniaksi järjestettiin juhlatilaisuus, joka radioitiin ja kuvattiin videonauhalle [3]. Vuoden 1935 loppuun mennessä olivat lähes kaikki maarakennustyöt saatu valmiiksi. Ensimmäisenä vaiheena rakennettiin yhdystunneli pukuhuonetoista kentän pohjoisosaan. Arkkitehdit saivat valmiiksi kohteen pääpiirustukset 01.02.1935 [3].

Vuonna 1935 havaittiin että koko Olympiastadionin rakentamisen kustannukset olivat karkaamassa laaditusta budjetista. Summa, joka esitettiin tuolloin rakennustoimikunnan kokouksessa, oli lähes kaksi kertaa niin suuri kuin julkisuuteen haluttiin kertoa. Tämän tyyppinen on nykyisinkin varsin yleistä ja kustannuksissa pysymiseen liittyviä hankaluuk-

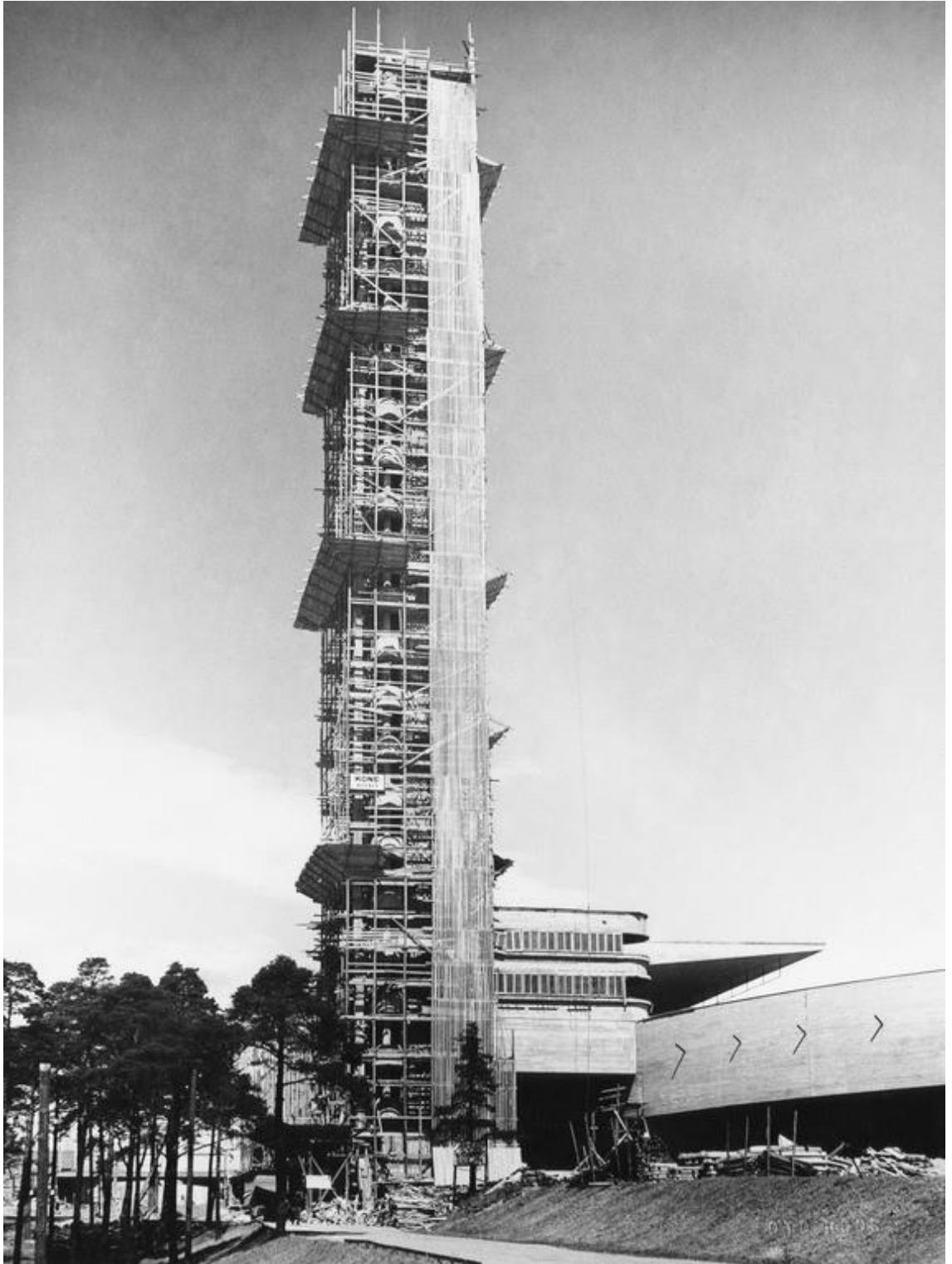
sia on myös käynnissä olevan perusparannuksen aikana. Kustannusylitykset suunniteltuun budjettiin nähden aiheutti sen, että suunnitelmista tuli etsiä kustannussäästöjä ja supistusvaihtoehtoja. Vuoden 1935 lopulla arkkitehdit esittivät erilaisia kustannuksia säästäviä suunnitelmamuutoksia [3].

Jo vuoden 1936 kevään aikana oli rakennustoimikunnan kokouksessa esiteltävissä 11 eri urakoitsijan laatimaa urakkatarjousta kahden eri kustannusvaihtoehdon suunnitelmien mukaan tarjottuna. Tässä vaiheessa päädyttiin vielä pilkkomaan toteutus siten, että stadion rakennetaan vaiheittain. Ensimmäinen hyväksytty pääurakkatarjous oli Rakennustoimi Oy:n laatima ja arvoltaan hieman alle puolet siitä mitä alun perin oli vuonna 1934 esitetty rakennustoimikunnalle. Ensimmäisessä vaiheessa rakennettiin pääkatsomo ja stadionin näkyvin osa eli stadionin torni. Lisäksi rakennettiin osa talousrakennuksesta, etelä- ja pohjoiskaarten sisäosat, selostamo ja lipunmyyntikojut ja aitauksia [3]. Vuosien 1936 ja 1940 välillä suoritettu rakentaminen jaettiin kustannussyistä neljään osaan, urakoitsija pysyi kuitenkin koko ajan samana.



Kuva 2. Valokuvaaja Foto Roos 10.08.1936, Helsingin kaupunginmuseo. Pääkatsomon rakentaminen käynnissä

Säästösuunnitelmia pohdittiin jälleen vuonna 1936 rakennustoimikunnan kokouksessa. Joitakin yksilöimättömiä säästöjä toteutettiin. Kaikesta huolimatta ensimmäinen rakennusurakka saatiin valmiiksi 16.01.1937 [3]. Tällöin valmistui stadionin torni, pohjoiskaarteen kentänpuoleiset kehät ja itäkatsomo osittain. Vuonna 1938 rakennettiin pääkatsomo ja urheilumuseo valmiiksi.



Kuva 3. Valokuvaaja Foto Roos vuonna 1937-1938, Helsingin kaupunginmuseo. Stadionin tornin rakentaminen käynnissä



Stadion valmistuikin alkuperäisen tingityn sapluunan mukaisesti valmiiksi vuonna 1938. Maistraatin lopputarkastus pidettiin 20.08.1938 [3]. Vuoden 1940 olympialaiset oli tarkoitus pitää Tokiossa. Vuonna 1938 Japani kuitenkin ilmoitti vetäytyvänsä kisojen isännyydestä ja tässä yhteydessä kisojen järjestämisoikeus luovutettiin Helsingille. Japanin vetäytymisen syynä oli Kiinan kanssa syttynyt sota. Rakennustoimikunta käsitteli ja hyväksyi pikaisesti laajennussuunnitelmat ja Olympiastadionin laajennus ensimmäisiä omia olympiakisoja varten aloitettiin.

Olympialaisia varten haluttiin toimivat tilat noin 63 000 katsojalle, näistä katsomopaikoista olisi väliaikaisia noin 28 000. Jo Samana vuonna 1938 allekirjoitettiin alkuperäisen urakoitsijan, Rakennustoimen kanssa, viimeisin urakkasopimus jolla rakennettiin stadionin itäsivu, itäkatsomon maavallikatsomoinen ja väliaikaisia katsomopaikkoja varten rakennettavat puukatsomolaajennukset. Suurin osa tavoitteena olleista betonirakennuksista saatiinkin valmiiksi. Talvisota syttyi vuonna 1939 ja keskeytti rakentamisen viimeistelyt. Talvisodan aikana jo rakennettuja tiloja käytettiin valtion erilaisten toimintojen tarvitsemina toimistoina ja sodan aikana tilat toimivat esimerkiksi sotilaskotina [3].



Kuva 4. Valokuvaaja tuntematon vuonna 1938-1940, Helsingin kaupungin museo. Olympiastadion valmiina

Heti talvisodan päätyttyä jatkuivat stadionin viimeistelytyöt. Suomalaisella sisulla työ saatiin vuoden 1940 aikana valmiiksi ja lopputarkastus pidettiin lokakuussa. Olympiastadion oli valmis. Suomalaisten epäonneksi toinen maailmansota kuitenkin perui olympialaiset kokonaan. Jo talvisodassa oli kuollut useita suomalaisia urheilijoita. Kaatuneiden urheilijoiden muistoksi juuri valmistuneella Olympiastadionilla järjestettiin ”kotiolympialaiset” joiden ajankohta oli sama kuin olisi ollut järjestettävien olympialaisten [3].

Syyskuussa 1940 järjestettiin upouudella Olympiastadionilla Suomi-Ruotsi-maaottelu. Maaottelu täytti stadionin ääriään myöten täydeksi. Jatkosodan aikana stadionin tilat luovutettiin puolustuslaitoksen käyttöön, tornia myöten.



Kuva 5. Valokuvaaja Paul Söderström, suunnittelija Yrjö Salmela Oy 1940, Helsingin kaupungin museo. Olympialaiset Helsingissä vuonna 1940

Olympiastadionin rakentamisen ajankohtana 1930-luvulla oli maailmanlaajuinen lama. Myös Suomessa oli pula-aika ja rahasta ja työstä puutetta. Rakennusalalla työttömiä oli todella paljon ja Olympiastadionin rakennustyömaa olikin tuohon aikaan merkittävä työllistäjä. Sodan aikana stadion vaurioitui jonkin verran mutta kokonaisuuteen nähden se selvisi vähäisin vaurioin. Vauriot suuntautuivat pääosin pääkatsomoon ja yleisesti koko Olympiastadionin ikkunoihin.

Olympiastadionin rakentaminen kiireisessä aikataulussa vuoden 1940 kisoihin valmiiksi, aiheutti melkoiset kustannukset, joita ei voitu paikata kokonaisuudessaan lipunmyynnillä. Tappioiden kattamiseksi oli Helsingin kaupunki ottanut valtioneuvostolta vakuutuksen/takuuden. Kun takuu realisoitui viimein vuonna 1947, päätti Helsingin kaupunki anoa uudelleen olympialaisten isännyyttä. Kesäkuussa vuonna 1947 vuoden 1952 olympialaiset myönnettiin Helsingille. Stadionin uudistus- ja laajennushanketta alettiin jälleen suunnitella ja myös saman tien toteuttaa [5].

### 3.1.3 Laajennukset ja korjaukset

Vuoden 1940 olympialaisiin laajennukseksi rakennettu puukatsomo oli paikoillaan vuoteen 1948 asti. Se purettiin vuonna 1948 jolloin alettiin rakentaa laajennuksia. Laajennukset aloitettiin pohjoiskaarteesta ja päättyivät eteläkaarteesta joista viimeisimpänä rakennettuun itäkatsomo-osaan. Uudet betonikatsomorakenteet muodostuivat rautabetonisista jäykkänurkkaisista kehärakenteista. Vaikeutta rakenteeseen toi sen kallistuminen taaksepäin, kentästä ulospäin. Laajennettu katsomo rakennettiin uusista, kokonaan alkuperäisestä rakenteesta erillisistä kehistä ja vanha ulkojulkisivuna toiminut ohut levymäinen teräsbetonirakenne jätettiin ennalleen katsomokehien väliin. Vuonna 1949 itäkatsomon rakenteita laajennettiin myös kentästä ulospäin, alkuperäinen alempi kehärakenne yhdistettiin rakenteellisesti yhtenäisesti uuteen ylempään kehärakenteeseen, jolloin rakennejärjestelmä ja jäykistysperiaate muodostuivat samantyyppiseksi kuin pääkatsomossa jo oli. Uuno Varjo teki suoritettavasta työstä rakenneleikkauksen ja tarkan työohjeen. Tämän ajankohdan arkkitehti Toivo Jäntin suunnitelmaluonnoksissa oli ajatuksena myös itäkatsomon kattaminen. Näin ajateltiin tehtävänkin jossain vaiheessa tulevaisuudessa, siitä on kuitenkin historian aikana aina kuitenkin säästösyistä luovuttu 2000 luvun alkuun asti. Katsomokehien yhdistyksellä varauduttiin siihen, että rakennejärjestelmä on riittävän jäykkä ja mahdollistaa kattamisen. Kattamista ei suunniteltu eikä



muutoksia olympialaisten ajaksi, näistä vain harvat jäivät pysyviksi. Pysyvinä muutoksina näkyvin lienee tulostaulu, joka muutettiin vanhasta funktionaalisesta tyylistään yksinkertaisemmaksi. Betonirakenteisten laajennusten osalla kaikki perustustyöt vietiin kallioon asti. Perustaminen tehtiin kaikkialla joko betonipilareilla tai betonimuureilla. Materiaalipula, sotakorvausten aiheuttamat taloudelliset rasitukset ja lukuista lakot hankaloittivat rakentamista [3]. Työ eteni kuitenkin suunnitellusti ja olympialaisia varten kaikki oli sovitusti valmiina.



Kuva 7. Valokuvaaja Eino Heinonen, 1950, Helsingin kaupunginmuseo. Olympiastadion vuonna 1950



Olympialaisten valtavan kansainvälisen julkisuuden vuoksi haluttiin, että kaikki pinnat näyttävät mahdollisimman uusilta ja hienoilta. Tämän vuoksi stadionin kaikki pinnat maalattiin. Maaleista ja pintojen käsittelyistä käytiin monenmoista kiistaa ja väittelyitä. Maaleina käytettiin eri tuotteita, joita oli käytetty alkuperäisenä rakentamisajankohtana. Betonipintoja maalattiin esimerkiksi valkoisella sementtimaalilla. Osin on vielä tälläkin hetkellä vaikea selvittää, millä maalilla on mikäkin pinta pinnoitettu ja kuinka monta kertaa pinnoitus on tehty.

Laajennusten arkkitehti- ja rakennesuunnittelijoina pysyivät samat henkilöt kuin alkuperäisessä rakennusvaiheessa, eli Yrjö Lindegren ja Uuno Varjo. Myös pääurakoitsija pysyi samana.



Kuva 8. Valokuvaaja Olympiakuva Oy, 1952, Helsingin kaupunginmuseo. Olympialaiset 1952

Olympialaisten jälkeen väliaikainen puukatsomo purettiin. Itäkatsomoon toiseen kerrokseen rakennetut voimistelu-/harjoitussalit ja kolmanteen kerrokseen rakennetut huoneetilat muutettiin ja toteutettiin tilaan, jossa ne säilyivät pääasiassa vuoteen 2013 asti.

Vuonna 1954 Stadion-säätiö kutsui arkkitehti Toivo Jäntin keskustelemaan mahdollisuuksista rakentaa uusia hyötytiloja etelä- ja pohjoiskaarteiden katsomoiden alle. Eteläkaarteiden katsomoiden alle rakennettaviin tiloihin saatiin vuokralaiseksi Helsingin kaupungin verovirasto, jopa kansakoulua harkittiin tiloihin käyttäjäksi. Tilat sijoitettiin osittain kahteen ja osittain kolmeen kerrokseen [5]. Varjon laatimat rakennesuunnitelmat on leimattu Helsingin rakennusvalvontavirastossa 17.05.1955 ja tilat valmistuivat lähtötietojen mukaan jo samana vuonna.

Heti seuraavana vuonna veroviraston tilojen valmistumisen jälkeen aloitettiin pohjoiskaarteeseen suunnitella vastaavia tiloja. Pohjoiskaarteiden rakennushanke suoritettiin yhdessä Helsingin kaupungin kanssa. Rahapulan johdosta hanke viivästyi ja rahoitus varmistui vasta vuonna 1960, jolloin rakennustyöt heti käynnistyivät. Kaarteeseen rakennettiin noin 1500 m<sup>2</sup> uusia tiloja, jotka Helsingin kaupungin välityksellä vuokrattiin Suomen Retkeilymajajärjestölle. Pohjoiskaarteiden retkeilymajan rakennesuunnitelmat laati Uno Varjo. Rakennesuunnitelmat on leimattu Helsingin rakennusvalvontavirastossa vuonna 1961. Samassa ajanjaksossa valmistuivat, vuoteen 2013 asti säilyneet, puuverhoillut itä-etelä- ja pohjoissivujen julkisivut [5].

Urheilumuseota laajennettiin vuonna 1963. Uusi laajennus siipirakennukseen sijoittui vanhan rakennuksen pohjoispuolelle. Vuonna 1971 Olympiastadionilla järjestettiin Euroopan mestaruuskilpailut yleisurheilussa. Kilpailuja varten tehtiin joitakin pienehköjä korjauksia ja muutostöitä, lähinnä maalauksia ja suorituspaikkoihin liittyviä täydennyksiä. Stadionin torni ja mahdollisesti myös osin Urheilumuseon julkisivuja maalattiin tuolloin tiiviillä lateksimaalilla [9]. Vuoden 1977 Helsingin Sanomien mukaan stadionin torni rappattiin ja maalattiin vuonna 1977 jo neljättä kertaa. Samanlaisia epäonnistuneita kokeiluja lateksilla oli tehty muuallakin pääkaupunkiseudulla, mm. Tuomiokirkossa [9]. Vanhan rappauksen ja maalipinnan päälle maalattu muovilateksi teki ulkopinnasta aivan liian tiiviin ja sen kestävyys oli näissä kohteissa vain muutamia vuosia. Tiivis maalipinnoite vaurioitti alapuoliset rappauspinnat muutamassa vuodessa korjauskuntoon.

Stadionin tornin julkisivupintojen täydellinen korjaus toteutettiin 1977-1979. Tuolloin uusittiin rappaukset ja pinnoitukset kokonaisuudessaan tornin osuudella ja museosiipeen päädyttiin tehtävän ainoastaan rappaus ja maalauskorjauksia.

Veroviraston muutettua pois eteläkaarteiden tiloista vuonna 1975, tehtiin tiloihin joitakin muutoksia uusien vuokralaisten johdosta. Urheilumuseoon tehtiin seuraava laajennus

vuosien 1981-1984 välisenä aikana. Tämän korjauksen aikoina vaihtuivat kohteen suunnittelijat ja ensimmäistä kertaa suurehkoja muutoksia tehtäessä ei Uuno Varjo ja Toivo Jäntti olleet mukana suunnittelemassa korjauksia. Tämä nyt rakennettu uusi laajennus kaksinkertaisti urheilumuseon käytössä olevat tilat [5].

Vuonna 1984 stadion siirtyi kokonaisuudessaan Helsingin kaupungin omistukseen. Vuosina 1985-1987 tutkittiin ja tutkimusten perusteella korjattiin betonikatsomoiden vaurioita. Vaurioiden korjaustavaksi valittiin työmenetelmä, jossa ruiskubetonoidaan katsomoiden alapinnat ja pinnoitetaan yläpinnat vettä läpäisemättömällä pinnoitteella. Yläpintojen pinnoitukseen kokeiltiin kolmea eri menetelmää [3], menetelmistä ei ole lähdeaineistosta löytynyt tarkempaa tietoa.

Ensimmäinen suuri peruskorjaus suoritettiin vuosien 1991-1994 välillä. Tuolloin Suomi oli suuressa lamassa ja Olympiastadionin peruskorjaus oli monille jälleen kerran tärkeä työllistäjä hankalassa taloudellisessa tilanteessa. Edellisessä vaiheessa suoritettujen betonisten katsomorakenteiden koekorjaukset eivät osoittautuneet riittävän toimiviksi. Olympiastadionin täyttäessä 50 vuotta vuonna 1988, oli katsomorakenteiden käyttöikä tutkimusten mukaan lopussa. Osittain jouduttiin katsomoita jopa asettamaan käyttökieltoon havaittujen rakenteellisten ongelmien johdosta. Kehäpalkkien yläpuoliset katsomolaatat havaittiin lopulta korjauskelvottomiksi ja ne päädyttiin uusimaan, pääkatsomoa lukuun ottamatta. Rakennesuunnittelijana toimineen Insinööritoimisto Mikko Vahanen Ky:n laatimien suunnitelmien mukaisesti nämä pahiten säärasitukselle altistuneet rakenteet uusittiin teräsbetonelementteinä. Uudet askelepalkkielementit rakennettiin siten, että niiden väliset liitokset pyrittiin saamaan aina jatkoskohdissa kehäpalkkien päällä jäykäksi. Tällä tavoin rakenne saatiin pysymään melko ohuena ja laataston kantavia kehärakenteita jäykistävää vaikutusta ei menetetty kokonaan.

Stadionin torni maalattiin jälleen, kuten monet muutkin pinnat, pääkatsomo korjattiin ja sen katokseen lisättiin selostamokoppeja. Pääkatsomon katoksen alapintaan oli suunniteltu, lähtötietojen mukaan, katodista suojausta joka toteutettiin sähköä johtavalla pinnoitteella. Tämän ratkaisun toimivuudesta ei ole mitään tietoa ja mitään kohtaa ei katoksesta tutkimusten mukaan ole löytynyt, jossa sähköä olisi pinnoitteeseen yhdistetty. Lisäksi ajankohdan työselostus ei tue tätä näkemystä, vaan työselostuksessa kerrotaan ainoastaan värillisestä sementtipohjaisesta joustopinnoitteesta, joka lopulta vaihdettiin joustamattomaksi Tapecrete nimiseksi pinnoitteeksi. Samaa pinnoitetta käytettiin myös pääkatsomon alkuperäisen katsomolaataston vesieristeenä. Säälle alttiiksi jäävät muut



katsomolaatastojen osat päädyttiin pinnoittamaan ruiskutettavalla polyuretaani elastomeerilla.

Tässä yhteydessä rakennettiin urheilumuseoon lisäksi sen kolmas laajennusosa. Vuonna 1994 pohjoiskaarteeseen 1960- luvulla alun perin rakennetut retkeilymajojen tilat kunnostettiin. Nämä molemmat rakennustyöt suoritettiin peruskorjaushankkeen ulkopuolisina korjaushankkeina [5]. Viimeisin urheilumuseon muutos/laajennus, ennen 2012-2019 suoritettavaa perusparannusta rakennettiin vuonna 1997. Tuolloin korotettiin näyttelytilaa noin 1,5 metriä [5], rakennettiin uusi teräskannatteinen parvikerros ja uusi yläpohjarakenne ontelolaatoista villaeristettyine yläpohjarakenteineen.

Vuonna 2002 järjestettiin arkkitehtikilpailu itäkatsomon kattamiseksi [5]. Tämä muutos haluttiin tehdä, koska Suomessa järjestettiin vuonna 2005 yleisurheilun maailmanmestaruuskilpailut. Vihdoin Toivo Jäntin jo vuonna 1948 luonnosteleva, ja jo alkuperäisissä karsimattomissa suunnitelmissa mukana ollut, itäkatsomo-osan kattaminen päätettiin toteuttaa. Voittajaksi kilpailussa päätyi teräsrakenteinen katos, jossa oli kuormia perustuksille siirtävinä rakenteina seitsemän teräspilaria. Katoksen yläosa on suora ja alapinta hieman kaareva.

Vaikka jo vuonna 1949 oli Uuno Varjo varautunut itäkatsomon kattamiseen kehien yhdistyksellä, hän ei tuolloin tiennyt millainen uusi katos todellisuudessa tulisi olemaan. Hänellä oli lähtötietoina ainoastaan keskustelut silloisen arkkitehdin kanssa ja hyvin alustavat arkkitehtiluonnokset. Näillä lähtötiedoilla hänen tuli varautua itäkatsomon tulevaan kattamiseen rakenteellisesti. Rakenteiden laskentaperiaatteet, rakentamismääräykset ja niihin sisältyvät hyöty-, tuuli- ja lumikuormitukset olivat muuttuneet Uuno Varjon laatimien suunnitelmien ajankohdista. Tämä kaikki johti siihen, että kun itäkatsomo päätettiin kattaa, tuli alapuolisia vanhoja betonirakenteita vahvistaa. Pystyrakenteita, betonipilareita, vahvistettiin yläpuolelle tulevien teräspilarien kohdilta teräsbetonimanttelein. Uudesta katoksesta alapuoliselle rakenteelle siirtyviä vaakavoimia vastaan rakennettiin uusia teräsbetonisia seiniä. Jotta kuormat saatiin siirrettyä kallioon, kuten oli stadionissa kauttaaltaan jo alun perin tehty, oli rakennettava uusia perustuksia. Osa tehtiin teräspaaluin, osa vaakajäykistyksistä rakennettiin vuoden 2005 suunnitelmien mukaisesti vinopaaluin.

Itäkatsomon uusi katos valmistui puuverhoiluineen vuonna 2005. Vuosien 2010-2012 välisenä aikana tehtiin vielä joitakin rajattuja kunnostustöitä. Vuonna 2011 stadionin torni

ja siihen liittyvät aulatilat kunnostettiin. 2012 tehtiin pienehköjä korjaustöitä lähinnä se-lostamoihin, yleisön käytössä oleviin tiloihin sekä wc- tiloihin [10].

## 3.2 Rakennussuojelu

### 3.2.1 Rakennushistoriallinen selvitys

Olympiastadion on Suomessa kulttuurihistoriallisesti merkittävä rakennus. Kohde on ainutlaatuinen. Sitä on korjattu, kunnostettu ja laajennettu moneen otteeseen historiansa aikana. Tämän tutkimuksen tekijän kannalta on erinomainen asia, että siitä on tehty myös kattavat rakennushistorialliset selvitykset. Näitä rakennushistoriallisia selvityksiä on käytetty myös tämän opinnäytetyön historiallisten tietojen lähtötietoaineistona. Ensimmäisen rakennushistoriallisen selvityksen teki Hilikka Högström 15.02.1993. Tämän selvityksen tarkoituksena oli selvittää stadionin historiaan kuuluvat rakennusvaiheet sekä muu 1990-luvun peruskorjausta mahdollisesti hyödyttävä aineisto. Rakennushistorialliset selvitykset historiatietoineen helpottavat myös arvokysymyksissä ja suojelumäärittämisistä päätettäessä [3]. Tämä Högströmin laatima selvitys on varsin kattava, vaikka tekijä itse harmittelee vähäistä ja kiireistä aikataulua sekä ajankäyttömahdollisuuttaan selvityksen tekoon. Selvityksessä on lisäksi keskitytty pääasiassa alkuperäiseen rakennusajankohtaan ja siitä jatkaen ensimmäisiin Suomessa pidettyihin olympialaisiin. Selvitystä on rajattu, koska materiaalia on ollut käytössä todella paljon.

Toinen rakennushistoriallinen selvitys on tehty vuosina 2009-2013, selvityksen johdanto on päivätty 24.01.2014. Selvitykset on laatinut Kati Salonen ja Mona Schalin arkkitehdit Oy. Tämän selvityksen tarkoituksena on ollut helpottaa ja auttaa tässä yhteydessä vuonna 2012 käynnistyvää suurta Olympiastadionin perusparannushanketta ja helpottamaan päätöksentekoa ja suunnittelua. Tähän selvitykseen sisältyy lisäksi inventoinnit. Kaikkea ei ole lähdetty tekemään uusiksi ensimmäisen selvityksen pohjalta. Tämä uusi inventointi pyrkii täydentämään 1993 tehtyä selvitystä ja keskittymään muutoin sen jälkeiseen ajanjaksoon. Samassa yhteydessä on inventoitu, valokuvattu ja dokumentoitu rakenteita ja jossain määrin arvioitu rakenteiden historiallista säilyvyyttä. Samassa yhteydessä aineistoa kerättiin tilaajalle myös digitaalisessa muodossa [5].

Rakennuksen ympäristöstä on lisäksi tehty oma selvityksensä, Eläintarhan alueen ympäristöhistoriallinen selvitys. Kyseisen selvitystyön on tehnyt Maisema-arkkitehtitoimisto

Näkymä Oy Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston tilaamana. Selvityksessä keskitytään Töölönlahden pohjoispuolen maisemaan, johon kuuluu pienenä osanaan myös Olympiastadionin ympäristö [11].

### 3.2.2 Museoviraston näkemys

Stadion on Museovirastolle tärkeä kohde, joten vastakkainasettelultaakaan ei olla voitu rakennuksen historian aikana välttyä. 1990-luvun korjauksessa päädyttiin vanhat katsomolaatat uusimaan ja ne rakennettiin teräsbetonista niin sanottuina esivalmistettuina askelpalkkielementteinä. Tuossa vaiheessa silloinen Museoviraston arkkitehti Maija Kairamo otti asiaan kärkkäästi kantaa kirjallisesti.

Kiireisen aikataulun vuoksi ei kuitenkaan ole voitu etsiä vaihtoehtoisia korjausmenetelmiä, vaan rakennustoimikunnan ja rakennuttajan elementtirakentamiskokemusten pohjalta on päädytty uusimaan katsomotasot elementtirakenteina. Stadionin alkuperäinen rakenteellinen olemus muuttuu täysin. Kantavat pilarikehät ja katsomoiden porrastetut laatat toimivat alkuaan yhtenäisenä jäykistettynä rakenteena, nyt uudella suojabetonilla kuorutettujen kehäpalkkien väliin tarvitaan jäykistävät palkit. Päälle asennetaan esivalmisteiset porrastetut katsomoelementit, joiden yläpinta tulee noin 15 sm alkuperäistä korkeammalle. Entinen jäntevä ja vetreä rakenne on nyt pahasti invalidisoitu ja sen rakennustekninen avantgardistisuus on hävinnyt.

Maija Kairamon sitaatti julkaisussa Olympiarakennusten korjausperiaatteet 1996. [5]

Vuosituhanen vaihtuessa alettiin stadionin suojelemiseen kiinnittämään enemmän huomiota, jotta aikaisemmin tapahtuneilta vastakkainasetteluilta voitaisiin välttyä. 18.12.2002 esitti Rakennustaiteen seura Olympiastadionin suojelemista rakennussuojalailta. 8.6.2006 määrättiin Olympiastadion suojeltavaksi rakennussuojelulain nojalla, päätös on päivätty 19.10.2006 [5].

Museoviraston näkemyksen mukaan Olympiastadion on kansallinen monumentti ja suomalaisen arkkitehtuurin merkkiteos. Museovirasto oli rakennussuojelulain kannalla ja se esitti useita suojelumääreitä stadionin eri osille, joita se tulee tulevien muutosten yhteydessä valvomaan. Suojelumääräykset jotka Uudenmaan ympäristökeskus määräsi, sisälsivät käytännössä kaikki Museoviraston tärkeiksi esittämät kohdat.

Museovirasto on tiiviisti mukana vuonna 2012 alkaneessa perusparannuksessa. Museovirasto tekee tiiviisti yhteistyötä suunnitteluryhmän kanssa arkkitehtien toimiessa yhteishenkilöinä. Jokaisesta suoritettavasta korjauksesta ja suunnitellusta korjaustavasta keskustellaan etukäteen. Tärkeinä pidetyistä asioista Museovirasto antaa aina lausunnon liittyen ehdotettuun muutos tai korjaustapaan. Pääkatsomon katoksen korjaus ja vahvistusmahdollisuuksista pidettiin asiantuntijakeskustelu, johon osallistuivat Suomen parhaat asiantuntijat. Museoviraston edustaja oli mukana keskustelussa. Tämän keskustelun perusteella päätettiin mm. pääkatsomon katoksen korjaustavat jotka valittiin rakennesuunnittelijan esittämistä vaihtoehtoista. Jokaisesta pinnoitus, tasoitus, purku ja rakennustyöstä tehdään mallityöt, jotka myös Museoviraston edustajan täytyy hyväksyä. Lisäksi Museovirasto osallistuu suunnittelun ja rakentamisen aikana suunnittelu- ja työmaakokouksiin tarpeellisin osin.

### 3.3 Perusparannus 2012-2019

Olympiastadionin tuorein perusparannus käynnistyi vuonna 2012. Olympiastadionin todettiin olevan teknisesti ja toiminnallisesti käyttöikänsä päässä. Vuoden 2012 lopulla rakennuttaja kilpailutti suunnittelijat. Vuoden 2013 maaliskuussa oli suunnittelijat pääasiassa valittu. Suunnittelu käynnistyi hankesuunnittelulla, jossa tutkittiin erilaisia vaihtoehtoja, joilla saavutettaisiin haluttu lopputulos. Monitoimiareenan tuli täyttää voimassa olevat turvamääräykset ja viranomaismääräykset. Tarveselvityksen mukaan, laadittu 20.01.2012, Olympiastadionin kattamattomat kaarteiden katsomot katetaan. Stadionin tiloja muokataan siten, että ne täyttävät nykyaikaisen monitoimiareenan vaatimukset. Kohteessa on tehty kattavasti tutkimuksia, jotta on pystytty selvittämään rakenteiden teknistä kuntoa ja korjaustarvetta. Tutkimuksia on täydennetty ja teetetty lisää myös suunnittelun aikana. Loppupäätelmänä oli, että stadionin vanhat ja osin alkuperäisetkin betonirakenteet olivat vielä siinä kunnossa, että ne voitiin pääosin korjata perinteisin betonikorjausmenetelmin, suorittaa niihin niin sanottu materiaalitekhninen korjaus [10].

Hankesuunnitelman mukaan suurimmat puutteet toiminnallisuudessa oli yleisöturvallisuudessa. Logistiikkaa ja yleisöpalveluita lisättäisiin myös. Uudet tilat ja suoritettavat muutokset suunnitellaan muuntojoustaviksi ja aikaa kestäviksi. Yleisön käytössä olevia WC-tiloja rakennetaan merkittävästi lisää. Stadionin urheilumuseorakennuksen pohjoispuolelle rakennetaan uusia tiloja maan alle. Sinne sijoittuvat logistiikka-, pääosa teknisistä tiloista ja varastotilat [10].

Katsomorakenteisiin ja julkisivuihin tulee muutoksia. Näistä merkittävimpänä on etelä- ja pohjoiskaarteiden kattaminen. Uusi teräsrakenteinen katos kannatetaan uusien teräspilarein, jotka sijoitetaan vanhojen betonipilarien päälle. Suunnittelun alkuvaiheessa oli tarkoitus, että pilarijako on vastaavanlainen kuin itäkatsomossa jolloin pilareja tulisi melko paljon ja pilarien välit olisivat maltillisia. Itäkatsomossa pilareiden väli on hieman alle 13 metriä. Suunnittelun aikana päädyttiin pilareita vähentämään, koska jokainen uusi pilari vie katsomosta istuinpaikkoja ja rajoittaa näkyvyyttä. Lopullisessa suunnitelmassa eteläkaarteeseen tulee uudelle teräskatokselle ainoastaan 5 betonitäyhteistä teräspilaria ja pohjoiskaarteeseen 6 uutta liittopilaria. Pilareiden välinen etäisyys on lähes 40 metriä [10]. Näin harva pilariväli aiheuttaa alapuolisille betonirakenteille merkittäviä uusia kuormituksia ja suuret vahvistustarpeet. Lisäksi uudesta katoksesta alapuolisille rakenteille siirtyvät vaakavoimat on hallittava, kaarteesta muotoisesta katoksesta syntyy lisäksi kaarteeseen suuntainen uusi voima, jota ei pää- ja itäkatsomon kattamisen yhteydessä ole tarvinnut huomioida. Teräskatoksen rakennesuunnittelu ja myös rakentaminen on Suomessa ennen näkemättömän haastava, poikkeuksellisen vaativa suunnittelutehtävä.

Vanhoja rakenteita joudutaan vahvistamaan mantteloimalla aina kohdissa, joissa yläpuolelle sijoittuu uusi tukipilari, tai katos tukeutuu takareunastaan alapuoliseen rakenteeseen kiinni. Lisäksi uusi katos aiheuttaa tarpeen uusille jäykistyksille kaikissa erillisissä katsomolohkoissa. Jäykistävät rakenteet ovat seinämäisiä, laattamaisia tai yhdistettyjä kehärakenteita, jotka toimivat puristusta ja/tai vetovoimaa siirtävinä. Kenttää myös muokataan siten, että nykyiset, hieman liian jyrkät kaarteet, ovat muutosten jälkeen kansainvälisen urheiluliiton vaatimusten mukaisia. Koko katsomomaljan alueelle rakennetaan uusia poistumisteitä, jotta saavutetaan parannuksia yleisöturvallisuuteen.

Edellä kuvattujen muutosten, vahvistusten ja uusien rakenteiden sekä rakennusten lisäksi vanhat säilyvät rakenteet korjataan museoviraston tarkan valvonnan alaisuudessa. Kaikki vanhat betonirakenteet sekä rapatut julkisivut pyritään korjaamaan siten, että niille voidaan luvata ja taata 50 vuoden käyttöikä. Tämä tarkoittaa joissakin paikoin mahdollisesti hieman jopa ylikorjaamista, lähinnä julkisivun rappauksiin liittyen. Katsomolaatas-tojen vesieristykset korjataan ja uusitaan tarpeellisin osin. Kaikki sisä- ja ulkopinnat maalataan tai pinnoitetaan erillisten selostusten ja työohjeiden mukaisesti. Kaikkiin vanhoihin rakenteisiin liittyviin korjauksiin tehdään aina ensin vähintään yksi mallikorjaus. Väri- ja pintamallit tehdään myös etukäteen.

#### 4 Helsingin Olympiastadion, rakennejärjestelmän kuvaus

Olympiastadion koostuu useista eri vaiheissa rakennetuista kokonaisuuksista. Katsomo jakautuu länsisivun pääkatsomoon, itäkatsomoon sekä etelä- ja pohjoiskaarteisiin. Etelä- ja pohjoiskaarten katsomo on rakennettu kahdesta erillisestä kehärakenteesta, alemmasta alkuperäisestä ja ylemmästä laajennuksesta. Lisäksi omana rakennuksenaan stadionin pohjoispäädyssä sijaitsee urheilumuseo, joka yhdistyy pääkatsomoon kulkusillalla.

Olympiastadionin kantava runko sekä väli- ja alapohjat ovat pääosin rautabetonirakenteiset ja toteutettu paikalla valettuna. Välipohjarakenteet ovat monin paikoin rautabetonisia kaksoisbetonilaattoja. Itäkatsomossa on myös puurakenteisia välipohjia. Ulkoseinät ovat tiili- harkko- ja betonirakenteisia. Porrashuoneiden nykyiset kantavat rakenteet ovat paikalla valettuja teräsbetonirakenteita. Stadionin katsomorakenteen rungon muodostavat teräsbetonirakenteiset pilari-palkki-kehät sekä niiden varaan tehdyt katsomon askellaatta-rakenteet. Rakenteissa on kaarevia levymäisiä kehäpalkkeja ja seiniä kantavien kehärakenteiden välillä. Kaarevat kehärakenteet jäykistävät rakenteita ja toimivat katsomon puolella kaidarakenteina. Askellaatat on toteutettu paikallavaluna pääkatsomossa ja muualla elementtirakenteisina. Pääkatsomon päällä oleva katoslippa muodostuu kantavien betonipalkkien väliin tehdystä alapinnan betonilaatasta ja näiden päälle tehdystä puurakenteisesta vesikattorakenteesta. Katos tukeutuu teräspilareihin. Itäkatsomon katos on teräsrakenteinen ja puuverhoiltu.

Etelä- ja pohjoiskaarre katetaan peruskorjauksen yhteydessä teräsrakenteisella katoksella. Sekä stadion että urheilumuseo on jaettu useisiin liikuntasaumalohkoihin. Kaarteissa ylä- ja alakatsomo koostuvat erillisistä ja eri ajankohtina rakennetuista kehärakenteista ja liikuntasaumalohkoista. Nämä kehät tullaan peruskorjauksen yhteydessä yhdistämään osittain toisiinsa kaarten jäykistämiseksi uusille katoksen aiheuttamille kuormille. Rakennuksen jäykistys perustuu kehärakenteisiin ja välipohjien alkuperäisiin ja uusiin levymäisiin osiin joiden välityksellä kuormat siirretään jäykistäville uusille ja vanhoille teräsbetonisille seinille, vinopilareille ja perustuksille.

Rakennuksella on ollut osittain salaojat alkuperäisestä valmistumisesta lähtien. Alkuperäiset salaojat ovat paikoin toimineet puutteellisesti ja niiden toteutus on ollut nykytietämykseen nähden puutteellinen. Sisäpuolisia salaojia muutetaan ja niitä lisätään tämän

peruskorjauksen yhteydessä. Kaikissa osin rakennusmassaa ei ole salaojitusta, eikä niitä rakenneta joka paikkaan tässä yhteydessä.

Rakennus on perustettu kallionvaraisesti anturoille sekä peruspilareille. Perustukset on osin kiinnitetty toisiinsa betonipalkein jäykkyyden parantamiseksi. Varsinkin korkeiden perustuspilareiden osilla yläosien kiinnitys toisiinsa on ollut oleellisen tärkeää toimivuuden varmistamiseksi ja nurjahduspituuden lyhentämiseksi. Osa anturoista on ankkuroitu kallioon kalliotapein. Vanhoja perustuksia vahvistetaan paikoin, etenkin kaarteiden osalta ja paikoissa joihin tulee uusia kuormia. Eteläkaarteessa ja itäkatsomon alueella kallio on paikoin muuta osaa syvemmällä ja rakenteet on muutosten yhteydessä tuettu paikoin teräspaaluin kallioon. Osa perustuksista tullaan jatkamaan alaspäin uusien maanalaisten tilojen louhimisen vuoksi. Kalliota joudutaan louhimaan monin paikoin. Peruskorjauksen yhteydessä on kallion sallittu pohjapaine määritetty pohjarakennesuunnittelijan toimesta ja se on 5 MPa.

Vanhat alapohjat ovat osittain maanvaraisia ja osin kantavia rautabetonilaattoja. Alapohjan betonilaatat on lämpöeristetty maanvaraisilla osuuksilla alapuolelta solumuovieristeellä etelä- ja pohjoiskaarteissa sekä osin urheilumuseossa. Alapohjarakenteet ulkotilaa vasten ovat kantavia paikalla valettuja rautabetonilaattoja. Alkuperäisessä tilanteessa rakenteen lämmöneristeenä on kevytsoraa kantavan laatan yläpuolella, jonka päällä on ohut noin 60 mm paksu betonivalu. Myöhemmissä vaiheissa on pohjoiskaarteeseen laatan alapuolelle lisätty lämpörappaus, eteläkaarten alapohjan alapinta on jätetty lisälämmöneristämättä, se on ainoastaan myöhemmissä korjausvaiheissa tasoitettu ja maalattu. Maanvaraisissa alapohjissa on paikoin puutteellinen salaojitus- ja lämmöneristyskerros etenkin 30-luvulla rakennettujen tilojen osalta. Alapohjarakenteita uusitaan suurelta alueelta uusien märkätilojen ja maanalaisten tilojen sekä uuden tekniikan vuoksi. Alapohjien lämpöteknistä ja rakennusfysikaalista toimintaa parannetaan lähes kauttaaltaan.

Välipohjat ovat pääosin paikalla valettua rautabetonia joko massiivilaattoina tai kaksoislaattapalkistoina, itäkatsomossa on myös alkuperäisiä kantavia puupalkistovälipohjia. Urheilumuseossa osa välipohjista on toteutettu ontelolaatoilla. Rakennetyyppien sijainnit merkitään perusparannuksen yhteydessä laadittuihin rakennepohjapiirustuksiin. Itäkatsomon puurakenteinen välipohja tullaan purkamaan kapasiteetin riittämättömyyden vuoksi ja korvaamaan teräsbetoni sekä teräspalkistovälipohjalla.

Julkisivujen pintamateriaalina on etelä- ja pohjoiskaarteissa maalattu betoni tai kahi-tiili-muuraus, pääkatsomossa rapattu tiili ja itäkatsomossa puulaudoitus betonirungon päällä. Urheilumuseota on rakennettu eri ajanjaksoina. Ulkoseinissä on rappauksen alla eri materiaaleja: poltettua tiiltä, kahitiiltä, kevytsoraharkkoa, reikätiiltä, betonia elementtinä sekä paikalla valettua betonia pilareissa. Julkisivun yläosana on puulaudoitus kaarteissa sekä itäkatsomossa. Puulaudoitukset ja niihin liittyvät alusrakenteet tullaan uusimaan rakenne- ja arkkitehtisuunnitelmien mukaisesti Museoviraston valvonnassa perusparannuksen yhteydessä.

Lämmöneristeenä pohjois- ja eteläkaarteissa on käytetty mineraali- ja vuorivillaa, pääkatsomossa korkkia sekä itäkatsomossa lastuvillaeristelevyä. Ahtaissa kohdissa palkkien ja muiden rakenteiden eristeenä kylmäsiltoja ehkäistäessä on yleisesti käytetty korkkieristettä. Rakennuksessa on käytetty ulkoseininä myös erilaisia kevytharkkorakenteita. Rakennuksen ikkunat ovat pääosin sisään tai kahteen suuntaan aukeavia puuikkunoita ja ulko-ovet ovat teräsrakenteisia. Ulkoilmaa vasten olevat sokkeli- ja perusmuurirakenteet ovat rapattuja, osin maalattuja rautabetonirakenteita ja osin pesubetonipintaista. Ulkobetonirakenteet ovat pääosin niin ikään maalauskäsiteltyjä betonipintaista rakenteita. Ulkoportaat on toteutettu osin graniitista.

Rakennuksen lämmöneristyskykyä ja energiatehokkuutta parannetaan vaihtamalla vanhoja eristeitä tehokkaampiin uusiin eristeisiin, parantamalla rakennuksen tiiveyttä ja uusimalla ikkunoiden sisemmät lasit ja osin ikkunoita kokonaan paremmin lämpöä eristäviksi.

Yläpohjat ovat pääosin kantavalta rakenteeltaan paikalla valettuja rautabetonilaattoja. Lämmöneristeenä laatan päällä on käytetty vaihtelevasti mineraali- ja vuorivillaa sekä lastuvillaeristelevyjä. Itäkatsomon yläpohjan kantavana rakenteena on puupalkisto ja urheilumuseossa pääosin ontelolaatat. Museossa eristeenä on käytetty polyuretaanilämmöneristelevyjä, mineraalivillaa sekä kevytsorabetonia. Vedeneristeenä on käytetty kaksinkertaista bitumikermi huopakerrosta käyttöluokaltaan VE80 sekä kulkukäytävinä toimivissa yläpohjissa polyuretaanielastomeeria. Käyttöluokka VE80 tarkoittaa loivinta sallittua kattorakenteen kaltevuutta suhdelukuna veden virtaukselle kattokaivoihin. Tässä tapauksessa kattorakenteen loivin kaltevuus on ollut 1:80. Vedeneristykset uusitaan peruskorjauksen yhteydessä.



Märkätilojen vedeneristyksissä käytetään sertifioituja CE-merkinnän omaavia tuotteita ja noudatetaan tuotteen valmistajan ohjeita. Märkätilojen seinät ovat pääasiassa kivirakenteisia.

Väliseinät ovat märkätiloissa kivirakenteisia tai kevytrakenteisia ja kivilevyverhoiltuja. Toimisto-osien väliseinät tulevat olemaan levyseiniä. Kaikki kantamattomat väliseinät uusitaan rakennesuunnitelmien rakennetyyppien mukaisesti arkkitehtisuunnitelmissa määritetyille sijainneille.

Vanhat alkuperäiset sisäportaat on toteutettu paikalla valettuina rautabetonirakenteina. Uudet rakennettavat portaat toteutetaan samoilla rakenneperiaatteilla, nykymääräyksiä noudattaen.

## **5 Rakenteiden kuntotutkimukset Olympiastadionilla**

### **5.1 Kuntotutkimukset**

Kuntotutkimus on aivan eri asia kuin kuntokartoitus. Kuntotutkimuksessa tehdään systemaattinen tutkimus rakennuksen julkisivulle, parvekkeelle tai muulle vastaavalle rakennosalle. Kuntotutkimuksella pyritään selvittämään rakenteen korjaustarve, sen nykykunto ja tuleva käyttöikä ilman korjausta. Kuntotutkimus aloitetaan yleisesti tutustumalla kohteen vanhoihin suunnitelmiin ja tekemällä silmämääräinen tarkastus kohteessa. Tämän jälkeen tehdään kohteessa tarkempia tutkimuksia jotka sisältävät poranäytteitä ja niiden perusteella tehtäviä laboratoriotutkimuksia. Laboratoriotutkimukset sisältävät usein, betonirakenteen kyseessä ollessa, ohuthienäytteen, josta saadaan tarkempaa tietoa rakenteen vauriomekanismeista [12]. Huolellisesti ja hyvin tehdyllä kuntotutkimuksella on korjaussuunnittelu mahdollista onnistua ja oikeat korjaustavat ja laajuudet todennäköisemmin löytyvät. Mitä paremmin on kuntotutkimus tehty, sitä paremmin korjaussuunnittelu on mahdollista onnistua ja sitä helpommin korjauskustannukset pysyvät maltillisina, eikä lisätöitä synny.

Kuntotutkimukset tulee erottaa tarkoin kuntoarviosta. Kuntoarvio on käytännössä silmämääräiseen tarkasteluun perustuva henkilön arvio kohteen tai rakenteen kunnosta ja korjaustarpeesta. Kuntoarviolla saadaan tietoa ainoastaan jo näkyvistä vaurioista. Rakenteessa sisällä on vaurio voinut edetä jo pitkälle. Kuntoarvion perusteella pelkästään

on riskialtista aloittaa korjaussuunnittelua. Korjaussuunnittelun ja korjaustyön pohjaksi on aina syytä tehdä kattava kuntotutkimus [12].

## 5.2 Kuntotutkimusten toteutus ja tekijät

Tuoreinta perusparannusta varten toteutettiin lukuisia kuntotutkimuksia. Kuntotutkimuksia toteutettiin vuosien 2000-2010 välillä niin paljon, että HKR rakennuttaja päätti laatia yhteenvedon tehdyistä kuntotutkimuksista vuonna 2010. Tästä yhteenvedosta muodostui oma 14-sivuinen raporttinsa, jonka loppuun esitettiin rakenteiden jäljellä olevia käyttöiä [13]. Vuoden 2010 jälkeenkin tutkimuksia täydennettiin Sweco Finlandiin kuuluvan Aaro Kohonen Oy:n toimesta hankesuunnittelun aikana [14]. Kun suunnittelu oli kunnolla käynnistynyt, suunnittelijat olivat tutustuneet kohteeseen, kohteen korjaushistoriaan, tehtyihin tutkimuksiin ja vanhoihin rakennesuunnitelmiin tuli ajankohtaiseksi harkita, tarvitaanko lisätutkimuksia. Maaliskuussa 2014 kohteen rakennesuunnittelija laati raportin, jossa esitettiin näkemys tarvittavista lisätutkimuksiin [6]. Vahanen Oy on tehnyt koko Olympiastadionin kattavan Kosteus ja rakenneteknisen kuntotutkimuksen (päivätty 07.12.2009), jossa otetaan kantaa myös julkisivurakenteisiin [15]. Tätäkin tutkimusta täydennettiin suunnittelun jo alettua Urheilumuseon osalta. Tuolloin Vahanen Oy teki lisäselvityksiä moneen otteeseen laajennetun ja muutetun rakennuksen rakenteisiin [16].

Olympiastadionin pääkatsomon katokseen suoritettiin myös rakennetutkimuksia Con-testa Oy:n toimesta. Näissä tutkimuksissa betonia tutkittiin tarkemmin mm. porausnäyttein joista voitiin laskea vanhan kantavan betonirakenteen puristuslujuudet. Nämä tutkimukset olivat jatkon kannalta tärkeitä, sillä niiden perusteella voitiin todeta että jatko-suunnittelussa on mahdollista suunnitella rakenteet siten, että vanha betoni täyttää lujuusluokan K30 [17] [18].

## 5.3 Kuntotutkimuksen vaiheet

Kuntotutkimus koostuu aina pääasiassa seuraavista vaiheista, oli kyseessä sitten betonirakenteen tai rapatun rakenteen kuntotutkimus. Vaiheet voivat joissain tapauksissa mennä myös toistensa päälle tai niitä voidaan tehdä limittäin [12].

Kuntotutkimus alkaa lähtötietojen keräämisellä. Ensimmäisessä vaiheessa tutustutaan kohteeseen, kohteen vanhoihin suunnitelmapiirustuksiin ja määritetään tutkimukselle tavoite. Tärkeää on tutustua mahdollisimman perusteellisesti rakennuksen tai rakenteen korjaushistoriaan. Toisena vaiheena on tilanearvio. Tässä vaiheessa selvitetään rakennuksen rakennejärjestelmä ja arvioidaan kunto vanhojen suunnitelmapiirustusten ja silmämääräisen katselmuksen perusteella. Tässä yhteydessä voidaan arvioida myös korjausmahdollisuuksia. Kolmannessa vaiheessa arvioidaan tutkimustarpeet. Tässä kohdassa päätetään tutkittavat kohteet ja päätetään käytettävät tutkimusmenetelmät [12].

Neljännessä vaiheessa laaditaan työsuunnitelma. Tutkimussuunnitelmassa eli työsuunnitelmassa kerrotaan, kuinka tutkimus suoritetaan ja mitä apuneuvoja käytetään. Todetaan kuinka paljon ja minkä tyyppisiä näytteitä otetaan ja miten ne analysoidaan. Miten tutkimus rajataan ja selvitetään tutkimuksen päämäärä [12].

Viides vaihe on itse tutkimusten suorittaminen. Tutkimukset suoritetaan silmämääräisen alustavan kartoituksen perusteella, tutkimussuunnitelman mukaisesti. Tutkimuksissa selvitetään rakenteiden vauriotyypit, vaurioiden sijainnit ja arvioidaan määrät. Selvitettäviä asioita on muun muassa betonin osalta karbonatisoitumisvyvyys, betonin kloridipitoisuus, betonin pakkasen kestävyys, rapautumisaste, halkeilut ja mahdolliset muodonmuutokset. Betonissa olevien raudoitteiden osalta selvitetään korroosio-tilanne, tuleva korroosioriski ja arvioidaan korroosionopeus. Rakenteissa olevien kiinnitysten kunto ja vauriot arvioidaan, samoin pinnoitteiden tyypit, vaurioasteet ja kiinnitysasteet. Lisäksi arvioidaan myös rakenteiden kosteustekninen toimivuus. Tutkimus sisältää näistä asioista osan tai paljon enemmänkin kohteen tarpeiden mukaisesti [12].

Kuudennessa vaiheessa arvioidaan tutkimuksen tuloksia ja tarvitaanko lisätutkimuksia: Tutkimuksen suorittamisen jälkeen arvioidaan niistä saatuja tuloksia. Tässä vaiheessa tutkitaan myös tarkoin mahdollisia aikaisemmin tehtyjä korjauksia rakenteeseen ja verrataan niiden vaikutuksia tutkittuun rakenteeseen. Tässä yhteydessä on mahdollista vielä arvioida, onko aikaisempi korjaus onnistunut tai edes soveltunut kohteeseen. Nyt arvioidaan, ovatko suoritettut tutkimukset riittäviä vai tarvitaanko mahdollisesti jostain kohdasta lisätutkimuksia [12].

Seitsemäs ja viimeinen vaihe on raportin laatiminen. Kuntotutkimuksessa kerätyt tiedot analysoidaan ja analysoinnin perusteella tehdyt johtopäätökset kerätään yhteen kirjal-

liseksi raportiksi. Kun raporttia laaditaan, on huomioitava, mitkä asiat ovat tilaajalle tärkeitä. Tilaajan tulee pystyä tekemään raportin perusteella oikeat ratkaisut rakenteen tulevaa käyttöä varten. Tilaajan on pystyttävä raportin perusteella arvioimaan rakenteen vaurioaste, onko rakenne korjattavissa ja jos on niin millä menetelmillä, vai joudutaanko se purkamaan kokonaan tai osittain. Raportin tulee olla sellainen, että sen perusteella on mahdollista laatia mahdollisimman tarkka ja oikeantyyppinen korjaussuunnitelma [12].

#### 5.4 Betonirakenteet

Kuntotutkimukset tehtiin monen vuoden aikana, pääosin vuosina 2009-2015. Vahanen Oy laati kosteusteknisen kuntotutkimuksen, jonka tarkoitus oli selvittää rakennuksen yläpohjan sisäpuolisten rakenteiden ja ulkoseinän sekä märkätilojen ja ikkunoiden kosteustekninen kunto [15]. Vahanen Oy laati rakennesuunnittelijan pyynnöstä lisätutkimuksia suunnittelun jo käynnistyttyä, liittyen lähinnä Urheilumuseoon rakenteisiin [16]. Nämä tutkimukset suoritettiin vuonna 2015, tässä yhteydessä suoritettiin julkisivuihin rakenneavauksia.

Betonirakenteita tutkittiin julkisivujen osalta tarkemmin tammikuussa 2010, jolloin WSP laati rakenteiden kuntotutkimuksen. Tässä tutkimuksessa tutkittiin jo varsin tarkoin katsomon betonirakenteet ja käytännössä koko stadionin katsomon kantavat betonirakenteet ja koillisparvekkeiden kannatusten toiminta [19].

Aaro Kohonen Oy teki helmikuussa 2010 kuntotutkimuksen urheilumuseon ja koko Olympiastadionin julkisivurakenteista. Tutkimuksessa otettiin kantaa lähes kaikkiin betoniin julkisivurakenteisiin [20]. Tutkimuksia täydennettiin vielä suunnittelun aikana tehdyin rakenneavauksin ja tutkimuksin [4] [14]. Viimeisimmissä tutkimuksissa painotettiin suunnittelijan näkemystä ja tutkittiin rakenneavauksin jo raudotteiden korroosioastetta. Nämä tutkimukset suoritettiin rakennesuunnittelijan kanssa yhteistyössä.

Pääkatsomon katos on erillinen kokonaisuus, siitä laadittiin oma kuntotutkimus. Suoritetun kuntotutkimuksen perusteella päätettiin katokseen liittyvät toimenpiteet perusrakennuksen yhteydessä [17].

Betonirakenteisten katsomolaatastojen ja vanhojen betonirakenteiden toimintaa tutkittiin liikuntasaumojen kohdilla. Liikuntasaumojen toimintaa, niissä tapahtuvaa liikettä mitattiin ja vesieristysten nykyistä toimintaa ja tulevia mahdollisia korjausperiaatteita tutkittiin VTT:n toimesta vuonna 2009 [21].

## 5.5 Rapatut rakenteet

Rapattuja rakenteita tutkittiin betonirakenteiden tutkimusten yhteydessä. Tarkimmin rapattuja julkisivurakenteita tutkittiin kahdessa Aaro Kohonen Oy:n laatimassa raportissa, sekä Vahanen Oy:n Urheilumuseoon tehdyssä jatkotutkimuksessa [20] [14] [16]. Edellä kuvatuissa kuntotutkimuksissa tehtiin julkisivuihin rakenneavauksia ja laadittiin ohut-  
hietutkimuksia. Näiden tutkimusten perusteella suunniteltiin ja suunnitelmien perusteella toteutetaan julkisivurappausten korjaus ja uusiminen. Uusimisen laajuudesta keskusteltiin korjaustyön toteutuksen alkuun asti tilaajan, arkkitehdin ja museoviraston kanssa. Työmaan aikana on edelleen mahdollista, että laajuus vielä muuttuu.

## 6 Betonirakenteiden vauriotyypit

### 6.1 Vauriotyypit yleensä

Betoni vaurioituu Suomen olosuhteissa huomattavasti helpommin kuin ilmastossa jossa lämpötila pysyy aina nollan yläpuolella. Tämän takia on keski- ja etelä Euroopassa melko hyvin säilyneitä betonirakenteita Roomalaisten hallitsemalta ajanjaksolta jopa yli 2000 vuoden takaa. Suomalaisissa betonirakenteissa merkittävimmät turmeltumisilmiöt ovat pakkasen, rakenteisiin pääsevän kosteuden aiheuttamat rautojen ruostumiset, rakenteiden liikkeen aiheuttamat vauriot ja nykymaailmassa ilmansaasteet.

Suurimpia kosteusrasituksen aiheuttajia ovat puutteellisesti kosteusteknisesti toimivat rakenteet. Useimmiten virhe on suunnittelussa, toteutuksessa tai yksinkertaisesti rakenteen suunniteltu käyttöikä on lopussa. Joskus vaurion syy voi olla kaikissa edellä kuvatuissa tekijöissä. Julkisivuissa on merkittävin käytönaikainen kosteusrasitus viistosade. Myös erilaiset vesivuodot katosta ja rakenteiden liittymistä voivat rasittaa ulkona olevia betonirakenteita.

Säälle alttiit betonirakenteet ovat sateelta suojattuinkin pakkasen rasittamia. Betoni pakkasrapautuu, kun se jäätyy ja sulaa yhä uudelleen. Jos betoni on märkää, betonin huokosiin imeytynyt vesi laajenee jäätyessään ja rapauttaa betonia. Tämän ilmiön takia nykymääräysten mukaan ulkotiloissa käytetyn betonin tulee olla pakkasenkestävää. Pakkasenkestävyys saavutetaan tekemällä betonista suojahuokostettua. Suojahuokostaminen tarkoittaa sitä, että betoniin lisätään sen valmistusvaiheessa lisäainetta, joka muodostaa betoniin ilmahuokosia. Ilmahuokokset ovat niin suuria, että betonissa oleva vesi pääsee jäätyessään laajenemaan huokosiin ja näin ollen ehkäisee betonin rapautumisen. Huokostetussa betonissa on erittäin tärkeää, ettei ilmamäärä tule betonissa liian suureksi [12].

Betonia voi rapauttaa lisäksi harvemmin vastaan tulevat ilmiöt kuten etringiittireaktio ja alkalikiviainesreaktio. Etringiittireaktio on kemiallinen reaktio sementissä, johon liittyy voimakas tilavuuden kasvaminen. Etringiittireaktio johtuu useimmiten betonin liian voimakkaasta lämpökäsittelystä betonin sitoutumisen aikana. Lisäksi reaktioon tarvitaan voimakasta kosteusrasitusta. Alkalikiviainesreaktio on sementtikivessä tapahtuva laajenemisreaktio. Reaktio on mahdollinen, jos kaikki seuraavat asiat toteutuvat: Sementti sisältää runsaasti alkaleja, betonin runkoaine on heikosti alkalisuutta kestävä ja kosteusrasitus betonissa on korkea [12].

Kloridit aiheuttavat betonirakenteessa vaurioita, jos ”kriittinen” kloridipitoisuus ylittyy. Kriittisenä kloridipitoisuutena pidetään kirjallisuudessa 0,03%-0,07 % betonin painosta. Tuota rajaa suurempi kloridipitoisuus voi käynnistää betoniraudoiteissa korroosion vaikka betoni ei olisi karbonatisoitunut [12].

Raudoitteet betonirakenteen sisällä voivat ruostua, kun betoni menettää raudoitteita suojaavan emäksisyytensä ajan kuluessa ilman hiilidioksidin tai kloridirasituksen vaikutuksesta. Teräksiä suojaava betonipeitepaksuus voi olla myös liian pieni. Betonin emäksisyyden muuttumista happamammaksi kutsutaan betonin karbonatisoitumiseksi. Kun betonin karbonatisoituminen on edennyt teräsiin asti ja jos kosteutta on riittävästi, alkaa betoniraudoitteiden korroosio, eli ruostuminen. Yleensä kosteusprosentti 85% riittää korroosion käynnistymiseen karbonatisoituneessa betonissa. Betoniraudoitteen ruostuessa teräksen pinta-ala muuttuu ruosteen ansiosta suuremmaksi, se laajenee ja vaatii lisää tilaa. Tilaa se saa ainoastaan ympäröivältä betonilta. Näin ollen ruostuva teräs rikkoo

päällä olevaa betonia ja lopulta lohkaisee palasia irti betonirakenteen pinnasta. Korroosiovaihe voi kestää pitkään ennen kuin vauriot tulevat pintaan asti näkyviksi. Korroosion etenemisnopeuteen vaikuttaa lämpötila ja kosteus [12].

Epäonnistuneet aikaisemmat korjaukset voivat aiheuttaa rakenteisiin vaurioita. Tämän takia on todella tärkeää perehtyä kuntotutkimusta tehtäessä aikaisempiin korjauksiin. Epäonnistuneita korjauksia tai jo alun perin valittuja ratkaisuja voi olla esimerkiksi vääränlainen pintakäsittely. Rakenteiden saumojen toiminta, rakenteiden liittymät, kiinnitysten vaikutukset ja huonosti suunnitellut tai rakennetut pellitykset ja vesieristykset voivat aiheuttaa vaurioiden syntymisen rakenteisiin.

## 6.2 Katsomon betonirakenteet

Etelä- itä ja pohjoiskatsomoissa on uusitut askellaattapalkistot. Askellaattapalkistot ovat elementtirakenteisia. Rakentamisen yhteydessä on edellisessä korjauksessa asennettu yläpintaan vedeneristeeksi polyuretaanielastomeeri. Polyuretaanielastomeeri ei kestä auringon ultravioletisäteilyä, joten sen päällä on suojamaalaus. Pääkatsomossa on rakenne ollut paremmin suojassa katoksen alla. Tällä alueella on säästynyt alkuperäinen paikallavalettu askellaattapalkisto. Kantavan betonin päällä on bitumihuopaeristys, pintabetonikerros ja edellisessä peruskorjauksessa pintabetonin päälle asennettu ruiskutettu ja suojamaalattu polyuretaanielastomeeri. Tutkimuksessa ei kerrottu tarkemmin aluetta pääkatsomossa missä oli käytetty ruiskutettavaa polyuretaanielastomeeria vedeneristeenä. Tutkimuksessa todettiin, että kyseinen vesieristys on katsomorakenteen alaosassa. Tutkimuksessa todettiin, että bitumisen vedeneristeessä ollessa pintakerroksen alla jää pintabetonikerros kahden tiiviin kerroksen väliin ja se voi olla rakennusfysikaalinen riski, koska pintavedeneristeessä läpi mahdollisesti pääsevä kosteus ei pääse kuivumaan vaan kertyy pikkuhiljaa rakenteisiin. Tämä riski jää rakennesuunnittelijan harkittavaksi suunnittelunaikana. Tutkimuksissa havaittiin, että rakenteita on monin paikoin korjattu [19].

Vanhoista 1990- luvulla suoritetun perusparannuksen suunnitelma-aineistosta löytyy piirustus, jossa on esitetty pääkatsomon osaltakin vedeneristysten suoritus tapa. Reuna-alueilla ja katsomolaataston alaosissa on vedeneristys tehty lähteenä olleen tutkimuksen mukaisesti. Keski-alueilla ja katsomon yläosissa on käytetty vedeneristyspinnoitteena

portlandsementtipohjaista Tapecrete-pinnoitetta. Tapecrete-pinnoitteen koostumuksesta ei ole tarkkaa tietoa. Alkuperäisen tuotelehtisen mukaan se koostuu kuivasta ja nestemäisestä seoksesta. Nestemäinen seos koostuu polymeereistä, lisätarvikkeista ja vedestä. Kuivaseoksessa on portlandsementti ja täyteaine.

Uusituista askellaattaelementeistä voitiin tutkimusten mukaan todeta, että niissä on vain vähäisiä vaurioita ja ne ovat pääosin hyvässä kunnossa. Uusituissa elementeissä käytetty betoni on pakkasenkestävää. Pääkatsomon katsomolaataston alkuperäinen kantava betoni ei ollut huokosrakenteen mukaan sellaista, että sen olisi voitu todeta olevan nykymääräysten mukaisesti pakkasenkestävää.

Katsomorakenteisiin liittyvät alkuperäiset ja osin hieman muutetut betoniportaajat ja niihin liittyvät kaide sekä kaiteina toimivat seinärakenteet on suurelta osin ruiskubetonoitu edellisen perusparannuksen yhteydessä. Osin rakenteita oli uusittukin alueilla joissa ruiskubetonointi ei ollut todettu riittävän korjaustoimenpiteeksi. Alkuperäinen betonin ei todettu olevan pakkasenkestävää. Rakenteissa havaittiin merkittävääkin halkeilua, josta pääosa oli ruiskubetonin kuivumiskutistuman aiheuttamaa ja osa johtui raudoitteiden korroosioista [19].

Katsomon kaidarakenteet on korjattu tai uusittu edellisten korjausten yhteyksissä. Vanhat rakenteet on suojattu ruiskubetonoinnilla tai paksulla laastikerroksella. Näillä toimenpiteillä on ilmeisesti pyritty ehkäisemään karbonatisoitumisen etenemistä ja kenties yritetty uudelleen alkalisoidakin rakennetta. Teräsosien kiinnityskohdissa on monin paikoin halkeilua. Halkeilun syynä on teräsosien kiinnitystapa joka paikoin mahdollistaa kosteuden pääsyn rakenteisiin. Betoni oli pakkasenkestävää uusittujen rakenteiden kohdilta, sekä ruiskubetonin osalta. Ruiskubetonissa ja laastikerroksissa esiintyi paljon halkeilua, syynä vastaavat asiat kuin betoniportaissa [19].

Alemman ja ylemmän kantavan teräsbetonikehän välissä on vanha, vuodelta 1938 säilynyt, alkuperäinen julkisivurakenne. Tämä julkisivurakenne jatkuu katsomon yläpuolelle, jossa se toimii myös ylä- ja alakatsomon välisenä kaiteena. Julkisivurakenteen rakenteellinen paksuus on alkuperäisten rakennesuunnitelmien mukaan ainoastaan 70 mm lukuun ottamatta kiinnityskohtaa kehän alemman kehärakenteen ulokepäähän, jossa betonirakenteen paksuus on 120 mm. Julkisivurakenne ohenee ylös- ja alaspäin mentäessä. Rakenteen kokonaiskorkeus on, alkuperäisen rakennesuunnitelmapiirustuksen





Rakenne on ruiskubetonoitu edellisen perusparannuksen yhteydessä. Tutkimusten mukaan ruiskubetonikerroksen paksuus vaihtelee 10-30 mm:n välillä ollen keskimäärin 20 mm [14] [19]. Katsomon yläpuolelle jatkuva osuus on alttiina säärasituksille ja alempi osa on paremmin kosteudelta suojassa katsomorakenteen alapuolella. Vuonna 2010 tehdyissä tutkimuksissa ei havaittu rakenteessa merkittäviä vaurioita. Havaitut vauriot ja rakenteen ominaisuudet vastasivat pitkälti edellä kuvatuissa rakenteissa ilmenneitä vaurioita [19].

Katsomorakenteen alapuolella näkyvä jäljellä oleva osuus alkuperäisestä kaiteesta on Museoviraston näkemyksen mukaan ehdottomasti suojeltava osa Olympiastadionista. Osin vanhaa julkisivurakennetta on jo purettu retkeilymajan tiloja rakennettaessa pohjoiskaarteeseen. Stadionille suunniteltujen arkkitehtonisten ja rakenteellisten muutosten johdosta jouduttiin vanhaa julkisivurakennetta osin lävistämään ja sen säilyttäminen arvioitiin hankalaksi. Tämän johdosta rakennesuunnittelija ehdotti kohteeseen lisätutkimuksia, jotka toteutettiin välillä 2014-2015. Jatkotutkimuksissa keskityttiin julkisivurakenteen terästen ja kiinnitysten kunnon selvittämiseen. Jatkotutkimuksissa huomattiin, että alkuperäinen betonirakenne oli läpi karbonatisoitunut. Uloin ruiskubetonikerros oli karbonatisoitunut 0,3-7 mm:n syvyyteen. Avatuista kohdista voitiin todeta kiinnitysterästen olevan kunnossa, teräksissä havaittiin ainoastaan vähäisesti pintaruostetta [14].

Katsomon ulkoreunassa yläosassa kiertävä betonikaide on ulommaisten kehärakenteiden yhteydessä rakennettu 1950-luvulla itä-, etelä- ja pohjoiskaarteeseen. Kaiteen rakenteellinen paksuus on 120-130 mm tutkimusten mukaan ja se on ruiskubetonoitu molemmin puolin edellisen perusparannuksen yhteydessä. Sen paksuus ruiskubetonoinnin kanssa on 155-165 mm. Vanhan rakennesuunnitelman mukaan sen paksuuden tulisi olla alaosasta noin 100 mm ja kapenevan ylöspäin siten että sen yläosan rakenteellinen paksuus on 70 mm. On mahdollista, että rakennetta on muutettu tuon suunnitelman jälkeen. Rakenneosassa havaittiin paikoin säröilyä ja jonkin verran pakkasrapautumisen aiheuttamia halkeilua. Betonin ei todettu olevan pakkasenkestävää [19]. Suunnittelun aikana suoritetuissa lisätutkimuksissa havaittiin kaiderakenteen olevan varsin heikko, -siihen käyttöön nähden jossa se oli. Kaiteeseen oli kiinnitetty lukuisia lipputankoja ja puuskaisessa tuulessa koko kaiderakenne värähteli voimakkaasti [14]. Kaiderakenteessa oli myös paikoin jo rakenteellisestikin merkittäviä korroosiovaurioita, lähinnä pohjoiskaarteen parvekkeille tai poistumisportaille menevien ylityspalkkien kohdilla alapinnan veto-teräksissä.

Ruiskubetonoinneissa yleisesti todettiin niiden nykykunnan olevan hyvä. Yksittäiset havaitut vauriot liittyivät ruiskubetonoinnin tartuntaan vanhaan betonipintaan [19]. Vanhojen rakenteiden päälle tehty ruiskubetonointi hankaloitti kuntotutkimusta ja esimerkiksi raudoituksen korroosiotilan arviointi on tämän tyyppisessä tapauksessa hankalampaa. Karbonatisoituminen on edennyt ruiskubetonin alla vaihtelevasti eri rakenneosissa.

Jokaisesta tutkitusta kohdasta todettiin vanhasta betonista myös vetolujuudet. Betonin vetolujuuden perustella voitiin arvioida betonin rapautumisastetta. Yleisesti pakkasra-pautumisen aiheuttamia vaurioita ei löytynyt.

Pinnoitteet olivat pääosin hyvässä kunnossa. Pääosassa katsomoa vedeneristyspinnoitteena toimivan polyuretaanielastomeerin päällä UV-valolta suojaava maalikerros oli monin paikoin kulunut pois. Näillä osin oli vedeneriste alkanut menettää ominaisuuksiaan ja osin kulunut pois. Pinnoitteiden tartunta alustaan todettiin muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta hyväksi. Katsomoiden liikuntasaumarakenteissa todettiin yleisesti ongelmia. Liikuntavarat olivat pääosin aivan liian pienet rakenteissa tapahtuvaan liikkeeseen nähden. Tämän johdosta saumat eivät toimineet suunnitellusti, saumoihin tuli liikkeestä reikiä ja repeytymiä. Näiden muodostuneiden aukkojen kautta veden oli mahdollista päästä sisään rakenteisiin [19]. Suunnitteluajankohtana kohteen alkuperäinen rakennesuunnittelija Uuno Varjo osasi kyllä ottaa huomioon lämpöliikkeet ja tuulen aiheuttaman kuormituksen mutta näiden yhdessä yleisön aiheuttaman kuormituksen kanssa rakenteeseen aiheuttamaa liikettä ei sen aikaisilla tiedoilla pystytty laskemaan. Nyt on onneksi asia tältäkin osin korjaantunut tietokoneohjelmistojen kehittyessä.

### 6.3 Katsomon kantavat betonikehärakenteet

#### 6.3.1 Yleistä

Kohteen rakennejärjestelmä on kuvattu tämän opinnäytetyön kohdassa 4. Kuntotutkimusten mukaan vaurioita betonirakenteissa oli huomattavasti enemmän uloimmissa ke-hissä, kuin sisemmissä vaikka ulommat kehät on rakennettu myöhempänä ajanjaksona. Ulommat kehärakenteet ja vedeneristetty katsomolaatasto suojaa sisempiä kehäraken-teita kosteuden vaikutuksilta. Betonin karbonatisoitumisen etenemisvauhtiin ei vesirasi-tus kuitenkaan vaikuta. Vanhat kantavat kehämäiset betonirakenteet on ruiskubetonoitu edellisen perusparannuksen yhteydessä. Katseilta piiloon jäävät rakenteet on jätetty

ruiskupinnalle ja yleisölle näkyviltä osin pinnat on käsitelty hiertämällä ja osin myös maa-laamalla.

### 6.3.2 Sisemmät kehät

Urheilukentän puoleisista kantavien kehien pilari- ja palkkirakenteiden betonista tehtiin monenlaisia tutkimuksia rakenteiden nykykunnan arvioimiseksi ja perusparannuksen suunnittelua helpottamaan. Mutta perusparannuksen suunnittelulle oleellisen tärkeää betonin puristuslujuutta ei testattu hämmästyttävästi lainkaan [19].

Pilareissa ja palkeissa ei havaittu suuria halkeiluja. Ruiskubetonoinneissa oli halkeamia, lähinnä kulmien kohdilla. Yksittäisissä näytteissä havaittiin alkavaa pakkasrapautumista. Rakenteista löytyi muodonmuutosten aiheuttamia halkeamia jokaisen liikuntasauaman läheisyydestä sekä pilari- että palkkirakenteissa. Rakenteen suunnitellut liikevarat ovat selvästi olleet liian pienet todellisuudessa tapahtuvaan liikkeeseen nähden. Ylemmän ja alemman osan rakenteissa ei havaittu kunnossa merkittäviä eroja, pois lukien uloimmat julkisivussa sijaitsevat pilarit [19].

Silmämääräisesti toteutetussa tarkastelussa ei havaittu korroosion aiheuttamia vaurioita. Ruiskubetonissa havaitut halkeamat mahdollistavat hiilidioksidin pääsyn vanhaan rakenteeseen ja karbonatisoitumisen etenemisen. Vanhan kantavan betonirakenteen karbonatisoituminen on edennyt hyvin vaihteleviin syvyyksiin. Ruiskubetonin suojavaikutus on ehjänä kerroksena pysyessään selvä. Ruiskubetonikerros on karbonatisoitunut vain vähäisesti. Raudoitusten betonipeitteet ovat olleet rakennusajankohdan mukaisesti lähes olemattomat. Ruiskubetonoitu rakenne parantaa myös raudoitteita suojaava betoni-peitettä, niillä alueilla joissa ruiskubetonointi on tehty. Tehtyjen tutkimusten mukaan betonista ei löytynyt klorideja haitallisessa, kuin yhdessä tutkituista kohdista. Yhdessä ongelma kohdassa eteläkaarten palkissa oli kloridipitoisuus niin suuri, että raudoitteet olivat alkaneet ruostua ja betoni oli raudoitteiden päällä halkeillut. Vauriotavasta herää epäily, että onkohan kohdassa käytetty esimerkiksi jäänpoistoon suolaa rakennuksen historian aikana.

Itäkatsomon alueella sijaitsee levymäisiä palkkeja, joissa suojabetonikerros on ainoastaan 5 mm. Tällä alueella ovat pääsääntöisesti kaikki teräkset todennäköisessä korroosiotilassa, jos olosuhteet ovat korroosiolle suotuisat. Betonipeitteet vaihtelivat muutoin pilareissa ja palkeissa 15-30 mm:n välillä ruiskubetonikerroksen paksuudesta riippuen.

Näillä osin oli teräksistä mahdollisessa korroosiotilassa 32-52% raudoituksista. Tutki- tuissa ja avatuissa kohdista voitiin todeta vanhojen terästen olevan vain vähäisesti ruos- teessa, paikoin ei lainkaan. Tästä voidaan todeta korroosion olevan hidasta, lukuun ot- tamatta itäkatsomon levymäisiä palkkeja, joissa suojabetonipeite on olematon [19].

Betonin rapautumisen selvittämiseksi otettiin kattavasti vetokokeita. Vetokokeet suoritet- tiin laboratoriossa standardin SFS 5445 mukaisesti 50 tai 56 mm:n poralieriönäytteistä. Vetolujuudet vaihtelivat saatujen tulosten mukaan 0,6-4,1 MN/m<sup>2</sup> väleillä. Lähes poik- keuksetta olivat heikommat tartunta-arvot saatu tilanteesta, joissa pintabetoni eli ruisku- betoni irtosi vanhasta betonirakenteesta. Osin heikommat arvot johtuivat kokonaisuu- dessaan ruiskubetonin tartunnasta. Nämä heikommat arvot olivat < 1,5 MN/m<sup>2</sup>, kyseisiä heikkoja vetolujuus tuloksia ei kuitenkaan ollut merkittävästi. Näiden tulosten perusteella betonin kuntoa ja vetolujuutta voidaan pitää todella hyvänä. Rakenteista otetuista näyt- teistä tehtiin lisäksi ohuthietutkimuksia, eli mikrorakennetutkimuksia. Näiden tutkimusten tulokset tukivat edellä kuvattuja havaintoja [19].

Betonirakenteisissa kehissä havaittiin silmämääräisesti joitakin kosteusteknisiä puut- teita. Yläpuolisten rakenteiden vesivuodoista on jäänyt jälkiä. Tärkeimmät havainnot oli- vat puutteet liikuntasauमारakenteissa, vähäiset betonipeitteet paikoin, rakenteissa sy- välle edennyt karbonatisoituminen ja edellisessä perusparannuksessa toteutetun ruisku- betonoinnin osittainen epäonnistuminen. Ruiskubetonoinnin puutteet voidaan todeta hei- kolla tartunnalla vanhaan rakenteeseen ja ruiskubetonoinnin halkeilulla.

### 6.3.3 Uloimmat kehärakenteet

Uloimpia julkisivun kehärakenteita ja lähinnä uloimpia pilareita tutkittiin syyskuussa 2009. Lisätutkimuksia kohteessa, joihin myös rakennesuunnittelija sai kunnian osallis- tua, suoritettiin syyskuussa 2014 ja huhtikuussa 2015.

Länsijulkisivu on pääosin yläosastaan rapattu tiilimuurauksen päälle. Alemmissä osissa on ikkunaväleillä betonipilareita, Betonipilarit on ruiskubetonoitu edellisen perusparan- nuksen yhteydessä. Pohjakerroksessa julkisivupinnassa on pesubetonilaattaa, joka on paikoin huonossa kunnossa. Pilarinäytteissä oli ruiskubetonoinnin paksuus 20-30 mm. Betoni oli ruiskubetonikerroksen alta karbonatisoitunut pääterästen syvyyteen asti. Pila- reiden nurkissa havaittiin pystysuuntaista halkeilua oletettujen pääterästen kohdilla ja vaakasuuntaista halkeilua muutamissa kohdissa hakojen kohdilla. Tutkimusten mukaan

pääteräkset sijaitsivat 35-44 mm:n syvyydellä, raudoitusten sidontaan käytetyt hakateräkset sijaitsivat luonnollisesti hieman pinnemmässä. Betonin havaittiin karbonatisoituneen 33-66 mm:n syvyyteen asti. Tästä vertailtuna pääterästen syvyyteen todettiin, että 41,2 % teräksistä sijaitsi karbonatisoituneen betonin alueella [20].

Betonista määritettiin puristus ja vetolujuudet. Puristuslujuuden keskiarvoksi saatiin 33,1 MN/m<sup>2</sup>. Tästä tuloksesta voidaan laskea keskihajonta huomioiden vertailulujuus. Vertailulujuudeksi saatiin 27 MN/m<sup>2</sup>. Betonin vetolujuus vaihteli välillä 0,3 - 2,2 MN/m<sup>2</sup>, keskiarvoksi tuli 1,5 MN/m<sup>2</sup> [20]. Heikoimmat tulokset johtuivat teräksiin osuneista näytteistä tai ruiskubetonin irtoamisesta alusbetonista. Vanhan betonin puristus ja vetolujuus arvoja voidaan pitää ikäänsä nähden erittäin hyvinä.

Pohjoiskaarteessa havaittiin pilaripintojen olevan poikkeuksellisen likaisia. Pilareiden pinta ja pinnoite oli pysynyt ehjänä. Pilarit oli tutkimuksen mukaan osin käsitelty linjoilla 80-98 (Olympiastadionin luoteispää) ruiskubetonoinnin sijasta noin 15 mm:n paksuisella rappauslaastikerroksella ja elastisella pinnoitteella. Muilla moduulilinjoilla oli käytetty ruiskubetonointia. Joissakin koillisnurkan pilareissa havaittiin betonissa pysty- ja vaakasuuntaista halkeilua terästen kohdilla. Pääteräkset sijaitsivat tutkimusten mukaan 35-49 mm:n syvyydellä. Betonin karbonatisoitumissyvyys vaihteli välillä 25-66 mm. Näistä lukuaroista oli mahdollista laskea, että 41,5% teräksistä on karbonatisoituneessa betonissa. Vetolujuuksien vaihteluväliksi saatiin 1,2-2,7 MN/m<sup>2</sup>. Koetulosten mukaiseksi vetolujuuksien keskiarvoksi muodostui 1,9 MN/m<sup>2</sup> [20].

Itäkatsomon alueella pilarit olivat silmämääräisesti katsoen hyvässä kunnossa. Pilareiden yläosissa havaittiin rakenteen yläosan julkisivulaudoituksen alapuolella pystysuuntaisia halkeamia ja joitakin vaakasuuntaisia halkeamia. Pääteräkset sijaitsivat pilareissa 35-50 mm:n syvyydellä. Pilareiden karbonatisoitumissyvyys oli 33-66 mm. Verrattuna tulosta peitepaksuusmittauksiin todettiin 30,6 % teräksistä olevan karbonatisoituneen betonin alueella. Betonisten seinärakenteiden alueella karbonatisoitumissyvyys vaihteli välillä 8-91 mm. Pienin 8 mm:n arvo saatiin sisäpinnasta. Tästä voidaan todeta, että teräkset ovat pääosin karbonatisoituneessa betonissa. Betonin vetolujuudet vaihtelivat välillä 0,2-1,5 MN/m<sup>2</sup>, lisäksi betoniseinän vetolujuudeksi saatiin 1,8 MN/m<sup>2</sup>. Vertailulujuuksia ei ole tältä osin, ilmeisesti epähuomiossa, laskettu lainkaan. Kuitenkin heikoimmat tulokset johtuivat samoista syistä, kuin on edellä todettu [20].

Puristuslujuus testaus tehtiin yhtenäisesti pohjois- itä ja eteläkaarten rakenteille. Kaikki rakenteet olivat suurin piirtein samalla ajanjaksolla rakennettu ja samantyyppisiä, ”taaksepäin kaatuvia”, vinoja kehärakenteita. Puristuslujuuksien keskiarvoksi muodostui 53,4 MN/m<sup>2</sup>. Betonin puristuslujuuden vertailulujuudeksi saatiin näin ollen 44 MN/m<sup>2</sup>. Saadut tulokset ovat todella hyviä kyseisen ikäisestä betonirakenteista. Näiden arvojen avulla pystyy suunnittelija laskemaan mahdollisesti tarvittavien vahvistusrakenteiden kapasiteetit, huomioiden vanhan rakenteen betonilujuuden.

Olympiastadionin eteläkaarre ja kaakkoisosassa olivat rakenteiden osalta huonoimmassa kunnossa. Pilarit on ruiskubetonoitu edellisen perusparannuksen yhteydessä. Uloimpien pilareiden etureunoissa voitiin havaita kaakkoiskaarteessa pystysuuntaisia metrien pituisia halkeamia pääterästen kohdilta. Halkeamia näkyy esimerkiksi kuvassa 10. Nämä pilarit ovat mantteloimattomia, alkuperäisiä pilarirakenteita. Halkeaman leveydeksi mitattiin suurimmillaan 3,0 mm. Muutamissa pilareissa toimisto-osan alapuolella esiintyi pystyhalkeamien lisäksi myös hakaterästen korroosion aiheuttamia vaakahalkeamia.



Kuva 10. Pystysuuntaisia pitkiä halkeamia pilarissa, kuvattu 30.09.2014

Eniten vaakasuuntaisia halkeamia havaittiin eteläkaarten pilarissa linjalla 13. Monissa lounaiskaarten pilareissa havaittiin ruiskubetonipinnan lohkeavan irti yläpäästään. Pilareiden pääteräkset sijaitsevat 30-44 mm:n syvyydellä. Betonin karbonatisoitumissyvyys



vaihteli välillä 30-77mm. Verrattuna karbonatisoitumisastetta betonipeitemittauksiin, voidaan todeta että 77 % teräksistä sijaitsee karbonisoituneessa betonissa. Betonin vetolujuutta testattaessa saatiin arvot, jotka vaihtelivat välillä 0,5-2,5 MN/m<sup>2</sup>. Heikoimmat tulokset irtosivat ruiskubetonin ja vanhan betonin rajapinnasta [20].

Kuvassa 11 näkyy tilanne jossa pääteräkset suurimmassa osin ovat alkuperäisessä rakenteessa. Kuvan 11 pilari on alkuperäinen, mantteloimaton rakenne, pääterästen suo- jabetonikerrosta on lisätty edellisen peruskorjauksen yhteydessä ohuella ruiskubetonikerroksella. Ruiskubetonikerros erottuu tummempana valokuvassa. Raudat ovat ainoastaan pintaruosteessa. Suoritetuissa rakenneavauksissa pyörörautojen halkaisija vaihtelee välillä 20-35 mm. Paksuimmat raudoitteet sijaitsevat alkuperäisessä betonipoikkileikkauksessa ja ohuemmat 20 mm:n teräkset sijaitsevat betonimanttelissa. Rakennusajankohtana raudoiteteräksissä käytettiin tuumakokoja, joten nyt otettu millimitta ei ole aivan tarkka. Lisäksi teräkset ovat saattaneet paikoin menettää hieman poikkileikkauksaan korroosion vaikutuksesta. Muut rakenneavaukset tehtiin pilareihin, jotka on mantteloitu toimistotilojen rakentamisen yhteydessä [4].



Kuva 11. Rakenneavaus uloimpaan kehäpilariin linjalla 32, kuvattu 30.09.2014

Kuvassa 12 näkyy tilanne, jossa rakenneavaus tehtiin kohtaan, jossa ruiskubetonissa oli selkeä halkeama. Halkeama ulottui betonimanttelissa pääteräkseen asti, pääteräs oli selkeästi jo ruosteessa ja menettänyt poikkileikkauksaan [4].





Kuva 12. Rakenneavaus uloimpaan kehäpilariin linjalla 17, kuvattu 30.09.2014

Kuvassa 13 tehdyssä rakenneavauksessa näkyy teräs, jota on yritetty ruostesuojata edellisen korjauksen yhteydessä suoritettuna ruiskubetonoinnin aikana. Ruostesuojaus on tehty virheellisesti suoraan ruosteen päälle, puhdistamatta terästä ensin ruosteesta.



Kuva 13. Rakenneavaus uloimmasta kehäpilarista linjalla 13, kuvattu 30.09.2014

Ulkokehän pilareita tutkittaessa havaittiin ruiskubetonin karbonatsoituneen maksimissaan 8 mm:n syvyyteen. Keskimäärin karbonatsoituminen oli edennyt ruiskubetonissa 2-4 mm:n syvyyteen [20]. Ruiskubetonin tartunta alapuoliseen vanhaan betoniin havaittiin monessa kohdassa huonoksi. Pinta ruiskubetonoinnin alla havaittiin muutamassa näytteessä täysin sileäksi ja joissain näytteissä epäiltiin jopa, että rajapinnassa oli maali jäljellä. Vaikuttaa selkeästi, että työtä tehdessä on karhennus ja muut pohjatyöt tehty puutteellisesti, ainakin osittain.

Eteläkaarten suurehkojen vaurioiden johdosta todettiin olevan tärkeää laskea terästen korroosioastetta hieman tarkemmin korjaustavan selvittämiseksi. Kaikissa avatuissa kohdissa, yhtä poikkeusta lukuun ottamatta, oli korroosio kuitenkin vasta alkavaa pintaruostetta [22] [4]. Halkeamien leveyden todettiin uusimmassa tutkimuksessa paikoin olevan jo jopa 6 mm leveitä. Nämä halkeamat altistavat betonirakenteen sadevedelle ja karbonatsoitumisen aiheuttaman hiilidioksidin vaikutukselle. Raportissa todetaan, etteivät raudoitteet ole niin suuressa korroosiossa, ettei niitä voisi korjata ruostuneiden terästen erittäin huolellisella puhdistuksella, terästen ruostesuojauksella ja betonipaikkakorjauksilla. Ainoastaan osa vaurioista vaatii koko rakenteen uusimisen, elleivät rakenteisiin suunnitellut muutokset aiheuta uusimisen tai vahvistamisen tarvetta [22].

#### 6.3.4 Urheilumuseo

Urheilumuseo nykyisessä muodossaan on rakennettu useassa eri vaiheessa. Sen kantava rakenne on osin massiivitiilimuurausta, osin paikallavalettua teräsbetonia ja osin betonielementtejä. Urheilumuseoon liittyy tasakatto ja terassirakenteita. Terassirakenteet ovat alkuperäisten suunnitelmapiirustusten mukaan kaksoislaattapalkistoa, joka on osin yläpohjarakennetta ja alla on lämmin tila, osin terassia jossa alla on kylmää ulkotilaa. Kaksoislaattapalkiston sisällä on oletetusti muottilaudoitukset. Museon länsisivu vaikuttaa silmämääräisesti katsottuna tasaisesti rapatulta ja maalatulta rakenteelta mutta on kuitenkin yhdessä kohtaa betonia, jonka pinta on ainoastaan ohuesti tasoitettu ja maalattu. Pääosin Urheilumuseoon liittyvät korjaustoimenpiteet liittyvät tämän opinnäytetyön julkisivurappauksia koskevaan osioon.

Urheilumuseon korkean hormin, vanhan savupiipun, yläosa on betonia, joka on rapautunut jo vaarallisesti. Hormilla ei ole sadehattua, jolloin rakenne on pahemmin sään armoilla. Hormin betoniosien karbonatsoitumissyvyyden todettiin olevan 31-58 mm ja mui-

den betonirakenneosien osalta 13-47 mm. Hormin osalta todettiin uusimmassa tutkimuksessa, että sen yläosa on syytä purkaa ja rakentaa uudestaan [14]. Terassille johtavan portaikon katon vesieriste todettiin puutteelliseksi. Katon reunan räystäsbetoni todettiin täysin rapautuneeksi ja halkeilleeksi. Sisäänkäyntikatoksen rakenne todettiin pääosin hyväkuntoiseksi. Muutaman pilarin ja katoksen palkin liitoskohdassa havaittiin murtumia [20].

Urheilumuseon ja pääkatsomon välillä on kulkusiltarakenne, joka on alkuperäisten rakennepiirustusten mukaan kaksoislaattapalkistoa. Suunnittelun aikana todettiin, että lasermitattu mittatieto vastaa alkuperäisiä rakennesuunnitelmia. Vesieristyksestä ei löytynyt suunnitelmia, joten rakenteen korjauksen suunnittelu vaikeutui. Rakenteissa oli kuitenkin havaittu lukuisia vesivuotoja sen historian aikana. Näiden johdosta päädyttiin tekemään kaksi erillistä rakenneavausta terassiin rakennesuunnittelijan ohjauksessa samassa yhteydessä, kun tutkittiin uloimpia kehäpilareita tarkemmin.

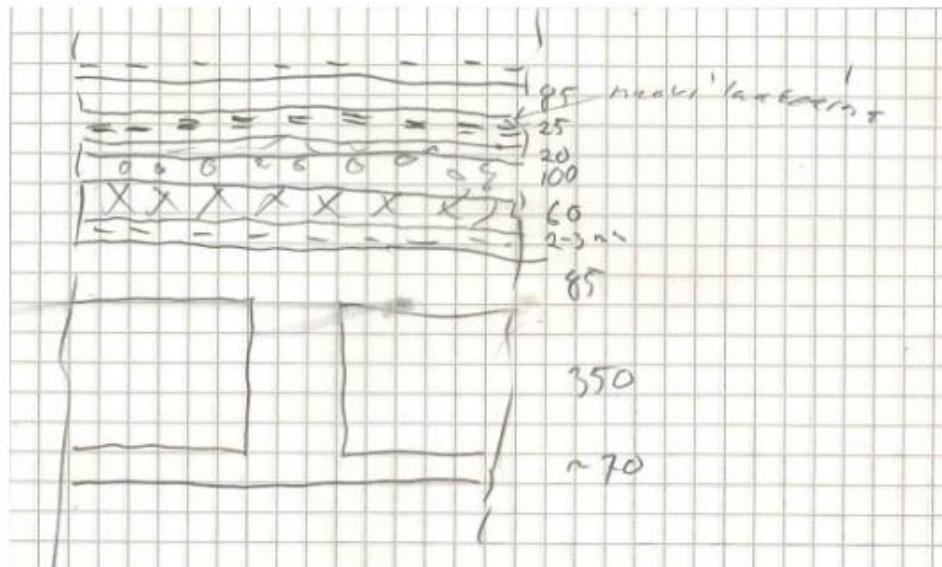


Kuva 14. Rakenneavaus urheilumuseon terassiin, kuvattu 02.10.2014

Kuvassa 14 näkyy toinen terassin rakenteeseen toteutetuista rakenneavauksista. Tällä kohdalla on alapuolella lämpimiä tiloja ja alapuoliset tilat ovat suojeltuja. Tämän vuoksi rakennetta ei voitu porata aivan läpi. Rakenneavauksen dokumentointi rakennesuunnittelijan toimesta on esitetty kuvassa 15. Rakenneavauksen perusteella korjaustoimenpiteet oli mahdollista suunnitella ja kohdasta laadittiin rakennetyyppi ja korjausselostus.



Terassiin tehtiin toinen rakenneavaus alueelle, jossa oli ulkotila rakenteen ala- ja yläpuolella. Tällä kohdalla vastasi kantava kaksoislaattarakenne pääosin kuvan 15 rakenneavausta. Pintarakenteet erosivat siten, että bitumihuoparakenteisen vesieristekerroksen päällä oli ohuemmat noin 100 mm:n rakennekerrokset. Terassin pintarakenteena oli kauttaaltaan ruiskutettu polyuretaanielastomeeri, jonka päällä oli UV-suojamaalaus.



**Rakenneavaus 2**, urheilumuseon terassi: Rakennekerrokset ylhäältä lukien.

- |   |                 |
|---|-----------------|
| - vesieriste, elastomeeri   | ~4 mm           |
| - pintabetoni   | 85 mm           |
| - muovikalvo  | 0,2 mm          |
| - vesieriste, bitumikerrokset   | ~25 mm          |
| - betoni (kallistukset?)  | ~20-30 mm       |
| - kevytsorabetoni   | ~100 mm         |
| - vaahtolasi  | ~60 mm          |
| - bitumi  | ~2-3 mm         |
| - kantava ylälaatta (teräsbetonia)  | 85 mm           |
| - välitila, jossa betonipalkit ja muottilaidoitus                                 | 350 mm (-380mm) |
| muottilaidoitukset ovat ainakin osittain kosteusvaurioituneet.                    |                 |
| - alalaatta betonia   | ~70 mm (100 mm) |
| (Vanhassa rakennesuunnitelmassa paksuus on 40 mm)                                 |                 |
| (alalaatan paksuus on arvioitu rakenteen mittauksista, alalaatan läpi ei porattu) |                 |

Vanhassa rakennesuunnitelmassa kaksoislaatta palkiston korkeus on 500 mm (ylälaatta 80 mm+palkki ja välitila+alalaatta 40 mm)

Kuva 15. Rakenneavaus urheilumuseon terassiin, raporttiin dokumentoitu kuvan 14 rakenteet

#### 6.4 Muut betonirakenteet

Laajennusten yhteydessä rakennetut laattarakenteet olivat tutkimusten mukaan hyvässä kunnossa. Nämä alueet olivat: Eteläkaarten ja Itäkatsomon toimistotilat ja retkeilymajan alue pohjoiskaarteessa. Laattarakenteiden alapinnat on edellisen peruseräparannuksen yhteydessä ruiskubetonoitu. Ruiskubetonoinneissa havaittiin ainoastaan kevyttä verkko-halkeilua, joka todennäköisesti johtuu kuivumiskutistumasta [19]. Ruiskubetonoinnilla on pyritty antamaan raudoitteille parempi betonipeite ja ehkäisemään karbonatisoituneen betonin terästen korroosion käynnistyminen. Retkeilymajan alueella oli rakennetta lisäksi lämmöneristetty alapuolelta kovalla villalla toteutetulla kolmikerros lämpörappauksella.

Olympiastadionin koilliskaarteessa on alkuperäisiä ulokkeellisia parvekkeita. Parvekkeet on kannatettu raudoituksella, joka on ankkuroitu katsomoiden kehärakenteisiin ja parvekkeiden sivukaiteisiin. Parvekkeen kaiteissa havaittiin halkeilua mutta halkeilun syynä todettiin johtuvan heikkolaatuisista aikaisemmista korjauksista, niin sanotuista laastipaikkauksista [19]. Julkisivuihin suoritettussa kuntotutkimuksessa todetaan parvekkeiden olevan silmämääräisesti tutkien huonossa kunnossa. Kaiteiden yläosien pellitykset ovat liian suorat tai viettävät väärään suuntaan. Parvekkeiden laatoissa sijaitsevat vedenpoistoaukot ja kaivot näyttivät olevan lähes tukossa. Kaiteiden ulkoreunoissa todettiin suuria halkeamia ja terästen todettiin olevan joissain kohdissa todella pahoin ruostuneita. Joissakin kohdissa rakenne oli vaurioitunut niin pahoin, että teräs oli ruostunut kokonaan pois [20]. Porrastasojen alapinnoissa todettiin runsaasti ruostuneita raudoitteita. Porrasaukon yläreunan palkissa havaittiin suuria korroosiovaurioita. Palkkirakennetta ja parvekelaattaa oli tarkoitus tutkia tarkemmin poranäyttein, mutta tämä ei hankalista olosuhteista johtuen ollut onnistunut [14].

Pohjoiskaarteessa on vanha betonitaulu, jota tutkittiin myös tarkoin. Tämän rakenneosan oli Museovirasto ottanut ”silmitäkukseen” ja todennut sen säilyttämisen olevan stadionin historian kannalta tärkeää. Betonitaulun rakenteellinen paksuus on alkuperäisen rakennesuunnitelman mukaan 110 mm. Se on rakennettu kaarevaksi ja se sijaitsee kehien 79 ja 81 välillä jolloin sen pituus on lähes 11 metriä ja korkeus lähes 7 metriä. Se on kiinnitetty päistään kehien 79 ja 81 uloimpiin pilareihin teräsbetonirakentein. Betonitaulun kaikki teräkset sijaitsevat tutkimusten mukaan 5-19 mm rakenteen pinnasta. Tutkimusten mukaan ainakin betonitaulun alaosa oli läpikarbonatisoitunut, jolloin kaikki teräkset olivat

alttiina korroosiolle. Julkisivuihin suoritettussa tutkimuksessa suositeltiin kyseisen rakenteen purkamista [20]. Kyseessä on julkisivussa suoraan kiinni oleva näkyvä rakenne, joka on suoraan alttiina säärasitukselle, esimerkiksi viistosateelle.

Museoviraston pyydettyä kuitenkin tutkimaan mahdollisuuksia säilyttää rakenne, päädyttiin tällekin rakenteelle tekemään lisätutkimuksia suunnittelun aikana. Jatkotutkimuksissa keskityttiin betonitaulun kiinnityksiin ja rakenteen yläosaan. Tutkimuksen mukaan taulu on kiinnitetty 200 mm leveällä kiinnityspalkilla pilariin, taulu jatkuu pilarista sivulle vielä palkin yli noin 190 mm. Kiinnitysterästen havaittiin olevan ainoastaan pintaruosteessa. Ohuthietutkimuksissa todettiin rakenteen yläosassa olevan näytteen olevan karbonatitsoitunut 11-26 mm:n syvyyteen ulkopinnasta, rakenteen molemmin puolin. Näytteessä ei todettu lainkaan rapautumaan viittaavia ilmiöitä, toisin kuin 2009 otetussa näytteessä taulun alaosasta. Betonin ei todettu olevan pakkasenkestävää kosteusrasituksessa nykyäskäytön mukaisesti [14]. Näillä tiedoilla suunnittelua jatkettiin siten, että suojeltava betonitaulu pyrittiin säilyttämään mahdollisuuksien mukaan. Sille pyrittiin löytämään kestävä suojakäsittely tai suojapinnoite joka ehkäisisi korroosion etenemisen säärasitetussa betonissa.

Betonirakenteisiin liittyvät teräsrakenteet olivat tutkimusten mukaan korjattavassa kunnossa. Monin paikoin kiinnitysten kohdilla oli halkeamia sekä kosteusteknisiä puutteita vesieristyksissä, teräskaitteen, lipputangon tai tikkaiden kiinnityksissä rakenteisiin. Valtion teknillinen tutkimuslaitos tutki Stadionin liikuntasauvoja ja niiden liikkeitä vuonna 2009. Liikkeet ovat niin suuria, että ne ovat paikoin aiheuttaneet rakenteisiin vaurioita. Liikuntasauvojen kohdilla katsomorakenteessa tulee vesieristeen liittymät suunnitella tarkoin [21].

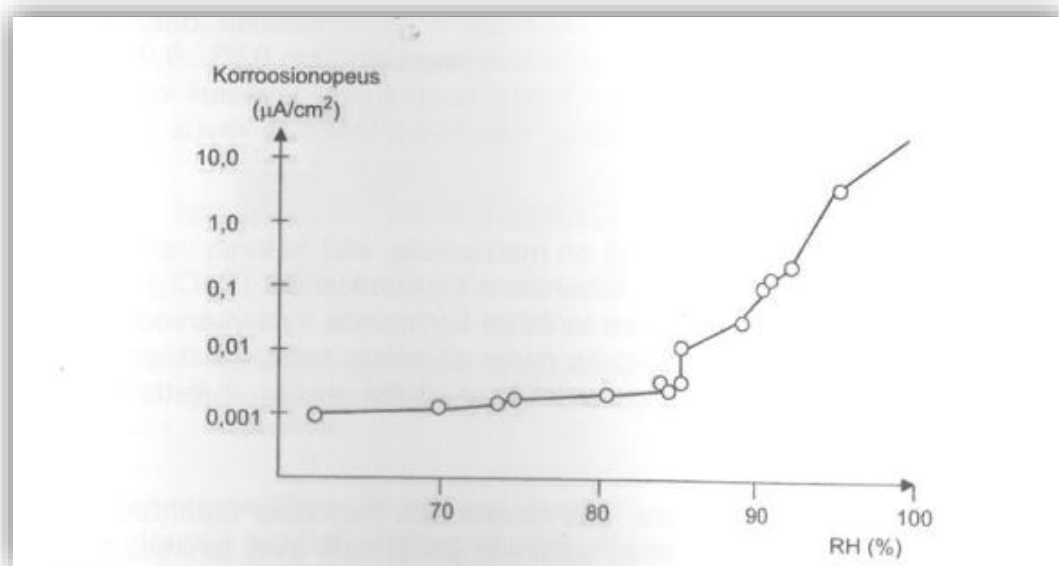
## **7 Betonirakenteiden vahvistus**

### **7.1 Kantavien betonirakenteiden vauriot**

Tutkimusten mukaan kantavien betonirakenteiden vauriot osoittautuivat niin vähäisiksi, ettei suurta rakenteiden uusimistarvetta syntyneiden vaurioiden johdosta ollut. Kantavissa rakenteissa havaittiin oikeastaan ainoastaan yksi sellainen vaurio, joka vaatii isompaa korjausta. Tämä vauriokin johtui betonin liian suuresta kloridipitoisuudesta linjalla 4, eteläkaarteessa. Liikuntasauvoissa ja niiden läheisyydessä havaittiin myös ongelmia.

Nämä havaitut liian pienet liikevarat ja niistä johtuvat vaurioiden korjaukset on huomioitava suunnittelussa. Tutkimusten perusteella voidaan todeta, että pääosin vanhojen kantavien betonirakenteiden kunto oli nykyiseen käyttöön liittyen korjattavissa niin sanotuin paikkaus- ja pinnoituskorjauksin. Lisäksi stadionin kaikki vesieristetyt kohteet on korjattava, uusittava tai kunnostettava.

Rakenteet ovat osin melko vanhoja ja paikoin karbonatisoituminen on yltänyt läpi rakenteen. Karbonatisoitumisen etenemistä on pyritty estämään ja betoniterästen suojaamista parantamaan edellisessä perusparannuksessa suoritetulla ruiskubetonoinnilla. Suoritettu ruiskubetonointi lisää vanhojen terästen betonisuojapeitettä. Joissain kohdin oli ruiskubetonointikerros halkeillut. Näistä kohdin pääsee kosteus ja hiilidioksidi etenemään rakenteisiin. Osassa rakenteita ruiskubetoni tai laasti on vain pinnastaan karbonatisoitunut, näissä kohdissa on ruiskubetonin alla oleva betoni karbonatisoitunut syvälle jo kauan aikaa sitten. Karbonatisoitumisesta ei ole rakenteelle haittaa, mikäli rakenne ei pääse kastumaan. Karbonatisoitumisen etenemiseen vaikuttaa betonin kosteus. Jos betonin huokosverkosto on täyttynyt vedellä tai, jos betonin suhteellinen kosteus on alle 30%, ei karbonatisoituminen rakenteessa pääasiassa etene. Korroosion ei näin ollen tulisi edetä vauhdikkaasti, jos rakenteen betonin suhteellinen kosteus ei ole suurempi kuin 75%. Joissakin lähteissä todetaan korroosion kiihtymiseen vaadittavan 80-85 % suhteellisen kosteuden. Jos rakenne pääsee kastumaan ja kuivumaan, eli kosteusmäärä rakenteessa vaihtelee, on korroosion riski suurin [14].



Kuva 16. Karbonatsoituneessa betonissa olevan teräksen korroosionopeuden riippuvuus suhteellisesta kosteudesta, Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, sivu 26

Vanhojen rakenteiden korjauksen suunnittelun aikana on syytä miettiä sopivia pinnoitteita vanhalle betonille sen tulevan eliniän maksimoimiseksi. Tässä tapauksessa paras pinnoite olisi kenties hyvin vesihöyryä läpäisevä mutta kosteuden ja hiilidioksidin pitävä.

## 7.2 Kuormitukset

Rakennusajankohdalla oli Suomessa voimassa aivan erilaiset rakennusmääräykset ja normit kuin tällä hetkellä. Stadionin rakennusajankohdalla rakennesuunnittelu tehtiin pääosin sallittujen jännitysten menetelmällä. Tuolloin oli voimassa vuoden 1932 betoninormit. 1990-luvun peruskorjauksessa voimassa olevat määräykset olivat niin sanottua B-sarjaa, jossa noudatettiin rajatilamenettelyä. Vuonna 2007 annetussa asetuksessa otettiin Suomessa käyttöön eurokoodit mitoitusmenetelmänä. Aluksi eurokoodeja käytettiin rinnan B-sarjan kanssa mutta tällä hetkellä on eurokoodi voimassa oleva mitoitusmenetelmä uusissa rakennuskohteissa.

Kuormitusten suhteen on tullut käytettyjen normien mukana myös muutoksia. Vuoden 1932 kuormitusnormien mukainen lumikuorma oli Helsingissä 100 kg/m<sup>2</sup>. Vuoden 1969 RIL normeissa ja 1978 rakentamismääräyksissä lumikuormaksi oli määritetty 180 kg/m<sup>2</sup> ja nykyisten eurokoodien mukaan se on 200 kg/m<sup>2</sup>. Samanlaiset muutokset koskevat



myös yleisötilojen kuormituksia. Uuno Varjo on laskenut vanhat kehärakenteet kestä-  
mään  $300 \text{ kg/m}^2$  hyötykuorman. Edellisen perusparannuksen yhteydessä uusittiin katso-  
mopalkistot teräsbetonelementteinä. Näiden elementtien hyötykuormaksi määritettiin  
silloinen voimassa ollut  $400 \text{ kg/m}^2$  [23] [24]. Nykyisin käytössä olevien eurokoodien mu-  
kaan tulisi tuollaisen tilan kuormituksen olla  $600 \text{ kg/m}^2$  [25]. Kuormitusmääräykset ovat  
kaksinkertaistuneet vuodesta 1932. Ovatko ihmiset lihoneet, halutaanko rakenteille lisää  
varmuutta vai ovatko laskentamenetelmät vain tarkentuneet. Todennäköisesti kyse on  
kaikista edellisessä lauseessa mainituista, mutta viimeisin väite lienee perustelluin. Kor-  
jaussuunnittelun aikana suoritettujen tarkistuslaskelmien mukaan todettiin kuitenkin, että  
Uuno Varjo on laskenut rakenteet tarkoin ja suurelle kuormituksen lisäykselle ei ollut  
mahdollisuuksia. Vanhojen kehärakenteiden hyötykuormakestävyydeksi laskettiin hie-  
man alle  $400 \text{ kg/m}^2$ , jolloin tavoitteena ollut  $300 \text{ kg/m}^2$  täyttyi hienosti. Poistumisportaat  
oli mitoitettu kestäämään rajatilamitoituksen aikoinakin käytössä ollut  $400 \text{ kg/m}^2$  hyöty-  
kuorma.

Rakennesuunnittelussa päädyttiin monenlaisten tutkimusten ja laskelmien jälkeen sellai-  
seen johtopäätökseen, ettei eurokoodia voitu käyttää mitoitusmenetelmänä vanhoissa  
betonirakenteissa. Uudet kuormitukset olisivat olleet vanhalle rakenteelle kestättö-  
mät. Lisäksi eurokoodi ei tunne pyöröterästä, jota stadionin rakennusajankohdalla käy-  
tettiin raudoitusteräksinä. Pyöröterästen ankkurointia ei esimerkiksi voitu laskea lainkaan  
ja vanhan betonirakenteen leikkauskestävyyden todistaminen olisi ollut käytännössä  
mahdotonta. Suunnittelussa päädyttiin mitoittamaan vanhat rakenteet B-sarjan mukai-  
sesti rajatilamenettelyä käyttäen. Suomessa kymmeniä vuosia käytössä olleessa B-sar-  
jassa on ohjeistus pyöröteräksen mitoitukselle ja betonin leikkauskapasiteettiin voidaan  
laskea yhteen teräksen ja betonin leikkauskestävyys. Vanhojen rakenteiden kuormituk-  
set määritetään ajankohdan kuormitusten mukaisesti. Vahvistettavilla osilla käytetään  
uusia kuormituksia. Uudet rakenteet mitoitetaan kokonaisuudessaan eurokoodien mu-  
kaisesti. Liittyvät rakenneosat mitoitetaan molempia menetelmiä käyttäen. Vahvistettu-  
jen vanhojen rakenteiden maksimikäyttöasteeksi sovittiin suunnitteluperusteet asiakir-  
jassa 80 %:n käyttöaste.

### 7.3 Betonirakenteiden vahvistus

Kuten aikaisemmassa jo todetaan, eivät rakenteiden vauriot pääosin aiheuta betonira-  
kenteiden vahvistustarvetta. Perusparannuksen yhteydessä on kuitenkin tarkoitus kattaa

katsomoiden nykytilanteessa kattamattomat osat pohjois- ja eteläkaarteessa. Kattamisen yhteydessä muutetaan vuonna 2005 rakennetun itäkatsomon katoksen muoto vastaamaan muuta uutta teräsrakenteista katosta. Pääkatsomon katos jää rakenteiden puolesta ennalleen mutta valaistuksen jo äänijärjestelmien muutoksen johdosta, sen etureunan kuormitus kasvaa ja vanhoja rakenteita on vahvistettava. Suojelullisista syistä on katoksen kantavat pilarit sijoitettava siten, etteivät ne muuta stadionin ulkonäköä. Näin ollen uudet pilarit tulevat katsomomaljan sisäpuolelle. Jotta näkyvyys kentälle on maksimaalinen ja jotta katsomopaikkoja menetetään mahdollisimman vähän, tulee uudella katoksella olla mahdollisimman vähän uusia kantavia pilareita. Kun pilareita on vähän, tulee näille harvoille pilareille todella suuret kuormitukset.

Uusi teräskatos kiinnitetään jokaiseen vanhan betonikehän kohdalta lisäksi takaosastaan takimmaiseen pilariin. Kaarteissa katoksen muoto aiheuttaa, pääosin tuulesta johtuvan, kaarteen suuntaisen voiman. Tämä ”uusi” voima on myös siirrettävä vanhojen tai uusien rakenteiden välityksellä peruskallioon. Lisäksi uusien poistumisnopeus vaatimusten johdosta rakennetaan uusia poistumisportaita. Samassa yhteydessä tiloja ja myös rakenteita muutetaan arkkitehtonisista ja tilan käytettävyyden johdosta paikoin suuresti. Nämä kaikki asiat aiheuttavat vanhoihin rakenteisiin merkittäviä muutoksia ja vahvistustarpeita.

Peruseriaatteena korjauksessa on, että aina vanhaa rakennetta vahvistettaessa, poistetaan edellisessä perusparannuksessa tehty ruiskubetonointi ensin kokonaisuudessaan. Tämän jälkeen vanha betonipinta karhennetaan ja rakennetaan uudet vahvistusrakenteet pääosin betonista. Suurin osa vahvistuksista tehdään vanha rakenne mantteloimalla. Stadionille rakennetaan tässä yhteydessä, maailmallakin harvinaisia, uusia vedettyjä jännittämättömiä betonirakenteita. Uusien pääpilareiden kohdilla ja takimmaisiin vanhoihin betonipilareihin kohdistuu uudessa tilanteessa määrätyissä kuormitusyhdistelmissä katoksesta vetoa. Tämä voima on siirrettävä vanhaa, vahvistettua rakennetta hyväksi käyttäen peruskallioon.

## 8 Betonirakenteiden korjaus

### 8.1 Betonirakenteiden korjaustyöt

Betonirakenteiden korjaus suoritetaan pääosin paikkauskorjauksin ja uusilla suojaavilla pinnoituksilla. Betonirakenteiden korjauksessa hyödynnetään Betonirakenteiden korjausohjetta By41 2007 ja sen uusinta painosta vuodelta 2016. Korjaustyön suunnittelu perustuu täysin tehtyihin kuntotutkimuksiin, vanhoihin suunnitelmapiirustuksiin ja suunnitteluohjeisiin. Korjaustyöstä laaditaan ensin korjaustyöselostus. Korjaustyöselostuksen laatijan on oltava todetusti kyseiseen tehtävään pätevä. Korjaustyöselostuksessa on huomioitava kohteen suojelulliset ja arkkitehtoniset erikoispiirteet. Kaikista valituista korjaus- ja uusimisvaihtoehdoista on neuvoteltava myös museoviraston kanssa.

Korjaussuunnittelijan tehtäviin kuuluu valita paras mahdollinen korjauskäsittely kohteelle tehtyjen tutkimusten pohjalta. Korjaustyötä toteuttava urakoitsija suorittaa toteutusvaiheessa tehtyjen sopimusten ja suunnitelma-asiakirjojen mukaisesti [26]. Kohteesta laaditaan korjaustyöselostus.

### 8.2 Korjaustyöselostuksen yleinen osio

Korjaustyöselostuksessa kerrotaan kaikki korjaustyöhön liittyvät oleelliset asiat, määräykset ja ohjeet. Korjaustyöselostusta täydennetään yksityiskohtaisin suunnitelmapiirustuksin.

Rakennustyössä noudatetaan voimassa olevia säädöksiä ja viranomaisten määräyksiä. Työtä koskevat rakentamista koskevat lait, asetukset, valtioneuvoston ja ministeriöiden päätökset ja viranomaisten määräykset, Suomen rakentamismääräyskokoelma ja kaupungin rakennusjärjestys. Työssä tulee noudattaa voimassa olevia virallisia tai puolivirallisia normaalimääräyksiä ja standardeja, jotka liittyvät tähän työhön. Mikäli asiakirjoista puuttuu jonkin osasuorituksen kohdalta työsuorituksen määrittely, noudatetaan työn suorituksessa rakentamisessa yleisesti vastaavissa yhteyksissä ja laadultaan tämän kohteen muilla osilla käytettyä työtapaa tai työsuoritusta. Laadittujen asiakirjojen lisäksi noudatetaan suunnittelijoiden ja viranomaisten antamia ohjeita.

Kaikkia yksityiskohtia, jotka on esitetty joko sopimuspiirustuksissa tai rakennusselostuksessa, ei ole välttämättä toistettu kaikissa asiakirjoissa. Urakoitsija on velvollinen piirustukset saatuaan tarkastamaan ne ja vertaamaan niitä muihin kysymykseen tuleviin piirustuksiin ja asiakirjoihin sekä ilmoittamaan välittömästi rakennuttajalle tai suunnittelijoille havaitsemistaan ristiriitaisuuksista.

Normit, ohjeet ja määräykset täydentävät toisiaan. Tärkeimpänä tulee työssä huomioida aina voimassa olevat ja suunnitteluperusteissa esitetyt normit ja viranomaisten laatimat määräykset. Toisena pätevyysjärjestyksessä on korjaustyöselostus, jonka jälkeen sitä täydentävät rakennepiirustukset ja kirjalliset selvitykset piirustuksiin liittyen. Viimeisenä tulee rakennuttajan ja suunnittelijan työmaan aikana antamat suulliset ohjeet. Kaikkien rakennustarvikkeiden tulee olla CE-merkittyjä tai siltä osin, kun tuotteet eivät ole CE-merkittyjä, niiden tulee olla tuotehyväksyntälain (2012/954) ja/tai vastaavan asetuksen mukaisesti varmennettuja. Kaikkien käytettävien tarvikkeiden tulee olla suunnitelma-asiakirjojen ja määräysten mukaisia. Urakoitsijan tulee esittää kaikista käytettävistä tarvikkeista hyvissä ajoin tarvittavat asiakirjat ja näytteet rakennuttajan ja suunnittelijan hyväksyttäväksi. Kaikki rakennukseen jääviksi tarkoitettujen tuotteiden sekä tarvikkeiden tulee olla käyttämättömiä, ellei asiakirjoissa ole juuri toisin todettu. Tuotteiden tulee täyttää lujuus- ja laatuvaatimustensa puolesta laatuluokkansa edellyttämät ja viralliset julkaisut ja ajankohtana käytössä olevat normit. Jos niin edellytetään, on urakoitsija velvollinen hankkimaan puolueettomat valvontaviranomaisten hyväksymät aineenkoestustulokset suunnittelijalle ja rakennuttajalle.

Korjaustyöselostuksessa määritellään tarkasti rekisteröidyllä nimellä ja tuottajan tai valmistajan nimellä käytettävät tarvikkeet ja aineet. Korjaustyössä on mahdollista käyttää myös muita laadultaan ja hinnaltaan samanarvoisia tarvikkeita ja aineita, kuitenkin sillä edellytyksellä, että ennen käyttöä on esitettävä rakennuttajan ja suunnittelijan tarkastettavaksi ja hyväksynnästä on saatava kirjallinen dokumentti. Vastaavuuden osoittaminen on sen tehtävä, joka vaihtoehdoisen tuotteen esittää. Vaadittaessa on esitettävä tuotteesta kaikki tarvittavat dokumentit, mm. aineenkoestustodistukset, tutkimustulokset tai muu riittävä selvitys. Näistä syistä johtuen ei selostuksissa kertaakaan mainita tuotteen perässä tavanomaista mainintaa ”tai vastaava”. Vastaavuuden todistamisvelvollisuus ja myös vastuu tuotteen vaihdosta jää sen esittäjälle. Jos asiakirjoissa on esitetty vaihtoehtoisia tuotteita tai tarvikkeita, on urakoitsijan aina ilmoitettava käyttämänsä tuoteperhe ennen kyseiseen osasuoritukseen ryhtymistä. Urakoitsija laatii kaikista rakentamiseen käytetyistä CE-merkityistä tuotteista listan, listaa täydennetään urakan loppuun asti.

Urakoitsija esittää eri työvaiheiden suorituksesta ja tarvikkeiden laadusta rakennuttajalle ja suunnittelijalle sellaisen selvityksen, että rakennuttajalla on selkeä käsitys ja varmuus siitä, että myös peittyvät suoritukset on toteutettu asiakirjojen mukaisesti. Tämä erillinen osasuoritusten tarkastaminen ja toteaminen eivät vapauta kuitenkaan urakoitsijaa lopullisesta vastuusta. Ennen jokaista peittyvää työsuoritusta tai rajoittuvan työvaiheen alkamista, pidetään kohteessa katselmus vallitsevan tilanteen toteamiseksi. Katselmuksessa todetaan, että lähtökohta suoritettavalle alkavalle työlle on asiakirjojen mukainen tai jos se jotenkin poikkeaa asiakirjoista, poikkeamat kirjataan ja työselostusta ja suunnitelmia täydennetään näiltä osin. Jokaisesta katselmuksesta laaditaan pöytäkirja valokuvien varustettuna. Joissain tapauksissa katselmus voidaan todeta suoritetuksi kirjaamalla merkintä asianomaisten allekirjoituksella työmaapöytäkirjaan. Urakoitsijan on suoritettava työ siten, ettei siitä aiheudu haittaa suojellulle rakennukselle ja ympäristölle. Mahdolliset ristiriitaisuudet on pyrittävä selvittämään niin hyvissä ajoin, etteivät ne voi aiheuttaa vällisiä haittoja tai ylimääräisiä kustannuksia rakennuttajalle.

Urakoitsija hankkii ja kustantaa rakennustyössä tarvittavat työvälineet, koneet ja apulaitteet. Käytettävien työvälineiden, koneiden ja muiden tarvittavien apulaitteiden tulee olla tarkoituksen mukaisia ja täyttää tarvikkeiden asiallisen käsittelyn ja työturvallisuuden asettamat vaatimukset. Ne on varustettava sellaisilla apulaitteilla, ettei käsiteltäville tarvikkeille, rakennusosille tai ympäristölle aiheuteta minkäänlaisia vaurioita. Rakennustyössä tarvittavien telien tuennasta vanhoihin rakenteisiin urakoitsijan tulee esittää tuentasuunnitelma rakennuttajan ja suunnittelijan hyväksyttäväksi. Urakoitsijalle kuuluu työtä tehdessään kaikki tarkoituksenmukaiset olemassa olevien ja uusien rakenteiden, rakennusosien ja kasvillisuuden suojustoimenpiteet.

Rakennusosat tulee tehdä mittatarkasti piirustusten mukaan. Poikkeavat toimet on ilmoitettava rakennuttajan valvojalle välittömästi. Rakennettavien lopullisten rakennusosien pintarakenteineen on oltava + 5 mm toleranssilla piirustuksissa osoitetuilla paikoillaan, ellei kyseisen rakennusosan kohdalla ole asiakirjoissa muuta ole todettu. Mittojen osalta noudatetaan vanhaa mitoitusta tai uusien rakennusosien ja liittyvien rakennusosien kohdilla arkkitehtisuunnitelmien mukaista mitoitusta. Rakennusurakoitsijan on annettava tarvittaessa rakennuttajan, muiden urakoitsijoiden ja hankkijoiden asennuksiin tarvittaessa mittausapua. Mittaukset suoritetaan, ellei toisin ole asiakirjoissa todettu, RT-kortin RT 02-10028 mukaisesti.

Urakoitsijan tulee urakkasopimuksen puitteissa noudattaa suunnittelijoiden, asiantuntijoiden, rakennuttajan asettaman valvojan, tarvikkeiden valmistajien sekä erikoistöiden suorittajien antamia piirustuksia ja täydentäviä ohjeita. Rakennustöihin sisältyy kaikki purkutyöt siinä laajuudessa kuin korjausrakentaminen ja muutostyöt niitä vaativat. Suojelukohteessa on äärimmäisen tärkeä ymmärtää, että purkutöitä tehdään vain suunnitelmien osoittamassa laajuudessa. Purkutyöstä tehdään purkus suunnitelma, joka hyväksytetään rakennuttajalla ja suunnittelijoilla. Urakoitsija vastaa purkujätteen poiskuljettamisesta urakkasopimuksen mukaisesti viranomaisten hyväksymälle kaatopaikalle. Purkujätteiden lajittelu suoritetaan kaupungin ympäristökeskuksen ja YTV:n ohjeistuksen mukaisesti. Kohteessa on tehty asbestikartoitus ja vaarallisten aineiden kartoitus ASB-yhtiöiden toimesta, päivätty 23.12.2009. Julkisivuista otetuissa näytteissä ei asbestia ole esiintynyt. Mahdolliset ongelmajätteet hävitetään viranomaisten ohjeiden mukaan, jos suunnitelmista poikkeavista kohdista ongelmajätteitä tai haitta-aineita ilmenee työn aikana. Urakoitsijan on pyrittävä suorittamaan työ siten, ettei siitä aiheudu tarpeetonta lika-pöly-, melu- tai muuta haittaa.

Urakoitsija on velvollinen suorittamaan ne koestukset ja muut työntuloksen varmistamisen edellyttämät toimenpiteet, jotka ovat välttämättömiä suorituksen velvoittavien säästöjen ja yleensä asiakirjojen mukaisuuden toteamiseksi. Urakoitsija suorittaa edellä kuvatut asiat asiakirjoissa annettujen määräysten mukaisesti. Urakoitsijan tulee esittää rakennuttajalle kirjallisesti käyttämänsä periaatteet toteutuksen laadun varmistamiseksi, tätä kutsutaan laatusuunnitelmaksi. Urakoitsijan tulee pitää tarkastusasiakirjaa sekä koota laatukansio jossa esitetään materiaali- ja muut tarvittavat todistukset. Kaikki työt on suoritettava hyvää rakennustapaa noudattaen. Erikoisammattitaitoa vaativissa osasuorituksissa käytetään alan tuntevia työkuntia, alurakoitsijoita ja hankkijoita. Urakoitsijan on hyväksytettävä työmaan vastaava työnjohtaja sekä kaikki alihankkijat rakennuttajalla normaalin käytännön mukaisesti ennen sopimuksen tekemistä näiden kanssa. Urakoitsija luovuttaa korvauksetta apumiehet ja tarvittavat laitteet tarkastuksia, ainekokeita ja koekuormituksia varten, joita valvoja tai suunnittelija näkee tarpeellisena suorittaa. Jos jokin työvaiheista suoritetaan valvojan määräysten vastaisesti tai siihen on käytetty valvojan hylkäämiä rakennusaineita, on rakennuttajalla oikeus urakoitsijan kustannuksella teettää tämä työvaihe uudestaan, ellei urakoitsija itse huomautuksen saatuaan korjauta tehtyjä virheitä.

Urakoitsijan työtehtävään kuuluu paitsi viranomaisten vaatimien aine- ja tarvikekokeiden suoritus myös asiakirjoissa esitetyt mallit, malliasennukset ja kokeet. Vasta kun rakennuttaja on hyväksynyt nämä mallityöt- ja asennukset, voidaan lopullinen työsuoritus toteuttaa. Hyväksytyt mallit säilytetään referensseinä jatkotyötä varten. Kaikista työvaiheista tehdään mallityöt ennen työn jatkamista, tarvittaessa samasta kohdasta tehdään niin monta mallityötä, että saavutetaan hyväksytyt lopputulos.

Mallitöitä ja mallitöiden tarkastukset tehdään esimerkiksi seuraavista työvaiheista: Pohjakäsittelyiden osilta julkisivun ulkoseinän pohjatöiden korjaustyöt. Museon katoksen, eteläräystään ja ulkoilmaan rajoittuvat alueet ja niiden detaljit. Paikkaus- ja silotetyöstä ylitasoituksen osilta. Pintakäsittelyiden osilta betonipinnat tarkistetaan, suoritettut vedeneristykset, rappaus- ja tasoitukset, maalaukset ja pinnoitukset. Julkisivun maalattavista tai pinnoitettavista rappaus- ja betonipinnoista tehdään kustakin 3 kpl värimalleja, joista lopullinen väriyty valitaan arkkitehdin ja museoviraston edustajan katselmuksessa. Ensimmäiset värimallit tehdään lopullisesta toteutuspaikasta irrallisille levyalustoille. Mallin koko on yleensä vähintään 1 m<sup>2</sup> tai kyseinen rakennusosa kokonaisuudessaan. Tarkemmin kohteet sovitaan ennen työn alkamista.

Urakoitsija on velvollinen selvittämään itselleen ennen työn aloittamista vanhojen purettavien ja säilytettävien rakennusosien rakenteet riittävällä tarkkuudella. Epäselvissä tapauksissa urakoitsija on velvollinen pyytämään työselostukset ja detaljisuunnitelmat laadittaneilta suunnittelijoilta lisäselvityksiä. Lisäselvityksenä voi toimia esimerkiksi suunnitelma katselmuksella, jossa suunnitelmat esitellään työnjohdolle. Työtä toteuttava urakoitsijan tulee korvata esittämistään suunnitelmien muuttamisesta aiheutuneet suunnittelukustannukset. Rakennuttaja on teettänyt kohteesta useita tässäkin opinnäytetyössä mainittuja kuntotutkimuksia. Urakoitsija on velvollinen tutustumaan ennen työn aloitusta niistä jokaiseen.

Kaikki työt suoritetaan asiakirjojen mukaan tässä kohteessa vakiintuneita hyviä työtapoja noudattaen. Työn ja olosuhteiden vaatavuus huomioon ottaen käytetään kaikissa betonin korjauksiin, rappauksiin ja pinnoituksiin liittyvissä osasuorituksissa erikoisammattitaidon omaavia kokeneita alan erikoisliikkeitä ja luotettavia alirakoitsijoita ja hankkijoita.

Jokainen osasuoritus tehdään niin valmiiksi, että seuraava siihen liittyvä työ voidaan suorittaa joka suhteessa vaadittua lopputulosta vastaavaksi. Rakennustyö tehdään telineiden avulla ja jokainen työvaihe toteutetaan sääsuojan alla, talvityö on sallittua erityisillä

lisäohjeilla esimerkiksi kaksinkertaista sääsuojaa käyttäen ja lämmittämällä työalueita määräykset ja ohjeet täyttävään lämpötilaan. Lämpötiloja ja kosteuksia tulee valvoa siten, että olosuhteet työlle ovat soveltuvia. Suojapeitteiden sisäpinnat tulee puhdistaa pölystä ennen pölylle arkojen työvaiheiden tekemistä. Rakennustyön aikana ei sisätiloihin saa joutua pölyä tai kaasuja siinä määrin, että niissä oleskelu tulisi mahdottomaksi. Koska urakoitsija on vastuussa suorittamastaan työstä ja käyttämistään rakennustarvikkeista on hänen esitettävä eriävä mielipiteensä, jos hän on eri mieltä jonkin rakenteen tai rakennusaineen kestävyydestä tai asianmukaisuudesta. Lisäksi urakoitsijan tulee ilmoittaa havaitsemistaan epäselvyyksistä piirustuksissa tai työselityksissä.

Mitään reikiä tai varauksia ei saa tehdä ilman rakennesuunnittelijan hyväksyntää. Kaikilla kohteessa käytettävillä kiinnityselimillä, esimerkiksi porattavat kemialliset juotosankkurit, tulee olla varmennettu käyttöseloste, ETA-hyväksyntä tai CE-merkintä. Uusissa rakennusosissa jälkipaikkauksia ei yleensä sallita. Jos rakennusosa vaurioituu työn aikana, vaurioituneen paikkauksen tarve määritetään tarkastuksessa. Tarkastuksessa määritetään kohta, laajuus vaurion syy ja paikkaustapa. Ennen paikkaukseen ryhtymistä on siitä sovittava erikseen valvojan ja suunnittelijoiden kanssa. Kaikesta jälkipaikkauksesta huolehtii pääurakoitsija kyseisen aliurakoitsijan ammattitaitoa hyödyntäen riippumatta siitä, kuka tarpeen paikkaustyöhön on aiheuttanut. Jos joku muu urakoitsija on aiheuttanut ylimääräisen paikkauksen, on pääurakoitsijalla oikeus periä aiheuttajalta korvaus. Jos syynä ei ole mekaaninen vaurio vaan pysyvä, kuten kosteusvaurio, poistetaan vaurion syy aina ennen paikkausta.

Urakoitsija vastaa rakennusaikana työmaan ja väliaikaisten rakennusten puhtaanapidosta ja jätehuollosta. Sadevesikaivojen puhtaus tarkastetaan töiden lopussa ja jos tarkastuksessa havaitaan puutteita, urakoitsija huolehtii niiden puhdistuksesta. Säilyvistä rakenteista on poistettava kaikki roiskeet ja tahrat välittömästi ja pinta on siistittävä puhtaaksi. Rakennuttajalle ei saa jäädä mitään jälkisiivousoitoja eikä siivouksesta aiheutuvia kustannuksia työn lopuksi.

Pääurakoitsija vastaa suorituksensa sopimuksen mukaisesta kelvollisuudesta takuuajana sopimuksen ja urakkaohjelman mukaisesti. Sellaiset takuuajan kuluessa ilmenevät puutteet ja viat, jotka edistävät rakennuksen tai sen osan rappeutumista ja vaikeuttavat tai estävät seuraavien työvaiheiden tekoa, on pääurakoitsijan oma-aloitteisesti tai rakennuttajan sitä vaatiessa heti korjattava tai korjautettava. Takuuajana rakennuttaja on puolestaan velvollinen ilmoittamaan välittömästi pääurakoitsijalle havaitsemansa virheet



ja puutteet. Rakennuttajalla on oikeus korjauttaa takuuajana kiireelliset kohteet pääura-koitsijan kustannuksella, mikäli olosuhteet sitä välttämättä vaativat ja pääurakoitsija ei itse korjausta välittömästi suorita.

Ennen purkutöiden alkua on urakoitsijan laadittava ja hyväksyttävä purku ja rakenteiden korjaussuunnitelmat rakennuttajalla. Suunnitelmissa on erityisesti kiinnitettävä huomiota säilytettävien rakenteiden ja viereisten, säilyvien rakennusosien, suojaukseen siten, että purkutöistä aiheutuu mahdollisimman vähän pöly-, melu- tai muuta haittaa ympäristölle. Jos purkutöissä tulee esiin jotain yllättävää, tulee rakenteiden dokumentointiin Museoviraston edustajan kanssa varata riittävästi aikaa. Tämä koskee erityisesti piiloon jääviä ja kokonaan purettavia rakenteita. Urakoitsija kuljettaa kustannuksellaan kaikki purku ja raivausjätteet viranomaisten hyväksymälle kaatopaikalle. Kaatopaikka ja muut jätteen kuljetukseen ja varastointiin liittyvät maksut sisältyvät urakkaan, ellei urakkaohjelmassa toisin todeta. Asbestia sisältävät rakennuspurkutavarat ja -aineet hävitetään viranomaisten ohjeen mukaan urakkaan kuuluvana.

Selostuksessa kuvataan korjattavat kohteet, niin hyvin kuin ne tutkimusten ja suunnitelmapiirustusten mukaan on kuvattavissa. Korjausalueena betonirakenteiden osilta on koko Olympiastadionin vanhat betonirakenteet. Ikkunat ja ulko-ovet korjataan, vaihdetaan ja kunnostetaan arkkitehtisuunnitelman mukaisesti. Rakenteiden tiivistyskorjaukset tehdään rakennesuunnittelijan laatiman erillisen tiivistyssuunnitelman mukaisesti.

### 8.3 Vanhojen betonirakenteiden korjaustyöt

#### 8.3.1 Korjattavat rakenteet

Ruiskubetonoidut vanhat betonipilarit ovat yleisesti korjauskohteina. Ruiskubetonipinta on monin paikon heikosti kiinni pilareissa. Kuntotutkimuksen yhteydessä otettujen näytteen otteiden ohutietutkimusten mukaan ruiskubetonipinnan alla oleva betoni on pinnaltaan karbonatisoitunutta. Korjaus tehdään kohdan ”Ruiskubetonoitujen pilareiden korjaus” mukaisesti.

Muita betonikorjauksia kohteessa on parvekkeet, urheilumuseon sokkelit, ulkoportaikkojen seinät ja katto sekä portaikkoa ympäröivä kattotasanne sekä etelä-, itä-, länsi- ja

pohjoiskaarteiden kehärakenteet. Museon länsijulkisivun keskiosa on betonielementtirakenteinen ja korjataan näin ollen samoin menetelmin kohdan vanhojen betonipintojen korjaus ja pinnoitetaan kohdan vanhojen betonipintojen pinnoitus mukaan. Länsijulkisivun pesubetonilaattapinnat ovat pääosin hyväkuntoiset. Kuntotutkimuksen yhteydessä otetusta näytteestä tehdyn ohuthietutkimuksen mukaan pesubetonipinnan alla olevat ruiskubetoni ja betonikerrokset eivät olleet karbonatisoituneet eivätkä halkeilleet. Pesubetonikaistaleissa on muutamia näkyviä korroosiovaurioita ja halkeamia alareunan vaakaterästen kohdalla. Museon portaikon katon räystääs on kuntotutkimuksen mukaan täysin rapautunut. Räystääs puretaan terveeseen betoniin asti, raudoitetaan ja paikataan betonoimalla. Portaikon katto vesieristetään vastaavalla tavalla kuin on nykyinenkin vesieristys tehty.

### 8.3.2 Vanhojen betonipintojen korjaus

Vanhat betonipinnat puhdistetaan korjattavilla osuuksilla TORBO-märkähiekkapuhalluksella. Irtonainen ja vaurioitunut betoniaines ja kaikki vanha pinnoite poistetaan. Betonipinnoista, joissa on päällä rappaus, piikataan rappaus ensin pois. Rapattuja betonipintoja ovat ainakin museon portaikon seinät, katoksen alapinta ja lipan otsapalkki, sekä museon länsijulkisivun keskialue ja museon seinien sokkelit. Pääkatsomon länsijulkisivulla on yksi betonikaiteinen parveke.

Pinnat puhdistetaan märkähiekkapuhalluksen jälkeen painepesulla. Kyseeseen voi tulla myös muu puhdistustapa, esim. korkeapainepesu tai vesipiikkaus niin korkealla paineella, että betonin rapautumat ja sementtiliima saadaan poistettua ja pinnasta saadaan karkea. Ruostuneet teräkset piikataan esiin ja puhdistetaan ruosteesta vähintään puhtausasteeseen St 2. Vain ne teräkset, jotka ovat näkyvillä tai joiden kohdalla näkyy betonissa halkeama, piikataan esiin ja puhdistetaan ruosteesta. Piikkaus ulotetaan noin 100 mm ohi sen kohdan, jossa ruostetta esiintyy. Esiin piikattujen terästen alusta puhdistetaan ja teräkset puhdistetaan ja suojataan ruosteensuojalaastilla (Sika Top-Armatec 110 EpoCem), myös takapinnaltaan. Betonipinta tulee kostuttaa hyvin ensin. Teräksiä saa katkaista ainoastaan rakennesuunnittelijan luvalla. Alusta tulee kostuttaa huolellisesti ja tämän jälkeen alustaan harjataan tartuntalaasti (Sika Top-Armatec 110 EpoCem) siten, että rakenteen huokokset täyttyvät ja pintaan jää karkeat "kynnet". Alustan tulee olla tumma ja kostea mutta siinä ei saa olla irtonaista vettä. Vauriokohdat täytetään vanhan betonipinnan tasoon suunnittelijan valitsemalla betoninkorjauslaastilla (Sika MonoTop

412 N). Paikkaukset tehdään märkää märän päälle periaatteella. Paikat muotoillaan ympäristöään vastaaviksi ja niitä suojataan liian nopealta kuivumiselta huolellisella jälkihoi-dolla, kostuttamalla tai suojamuoveilla 1-3 vuorokautta. Halkeamat jotka ovat suurempia kuin 0,3 mm injektoidaan umpeen. Teräksen ruostumisesta aiheutunutta halkeamaa ei saa korjata injektoimalla. Injektointityö tehdään SILKO 2.236 ohjeen mukaan. Käytettävän injektointiaineen soveltuvuus on tarkistettava ennakkokokein.

Työn kustannusten arviointia varten on arvioitu korjattavat määrät pinta-aloina. Lopulliset korjausmäärät tarkentuvat työn aikana. Betonirakenteiden korjausta on uloimmissa pi-lari- julkisivu ja kehärakenteissa arviolta 30%, sisemmissä arviolta 15% pinta-alasta.

### 8.3.3 Vanhojen korjattujen betonipintojen pinnoitus

Kaikki vanhat korjatut betonipinnat ylitasoitetaan laastilla (Sikagard-720 EpoCem tai Sika MonoTop 620). Kerrospaksuuden tulee olla suurempi kuin 1,5 mm. Laasti levitetään las-talla tai ruiskulla ja pinta viimeistellään kostealla sienellä tai harjalla. Laastipintaa jälki-hoidetaan vähintään 3 vrk. Betonipinnat pinnoitetaan Sikagard 550 W elastic -pinnoit-teella valmistajan työohjetta noudattaen, kerrospaksuus >0,3 mm, pohjusteena käyte-tään Sikagard 552 Aquaprimer. Arkkitehti määrää värisävyn.

### 8.3.4 Ruiskubetonoitujen pilarien, palkkien ja teräsbetonilaattojen korjaukset

Vanha ruiskubetonikerros poistetaan piikkaamalla kopoilta alueilta ja alueilla, joissa ruis-kubetonissa on halkeamia sekä alueilla joissa betoniteräkset ovat ruosteessa siten, että rakenne vaatii korjausta. Lisäksi nämä työt suoritetaan aina erikseen rakennesuunnitel-missa esitetyissä paikoissa. Pääterästen ympäristössä olevat halkeamat tulee avata ja korjata poistamalla karbonatisoitunut betoni ja mahdolliset syvälle ulottuvat halkeamat injektoidaan umpeen. Vanhat mahdollisesti ruostuneet teräkset puhdistetaan ruosteesta kohdan 8.3.2 mukaisesti. Korjaus tehdään kohdan ”vanhojen betonipintojen korjaus” mu-kaisesti. Tämän jälkeen tehdään uusi ruiskubetonipinnoitus. Vanhan ruiskubetonin pak-suus on noin 20...30 mm. Uusi ruiskubetonipinnoitus tehdään saman paksuisena ja työtä tehdessä noudatetaan Silko- ohjeita. Vanhaan pilariin kiinnitetään raudoitus ruostumat-tomin kiinnikkein. Betonipinta esikostutetaan huolellisesti ennen ruiskubetonointia. Pinta viimeistellään pinnoittamalla se Sikagard 550 W elastic -pinnoitteella työohjeen mukaan,

pohjustus tehdään Sikagard 552 Aquaprimerilla. Arkkitehti määrittää lopullisen värisävyn.

Ruiskubetonoitujen pilareiden korjausta on uloimmissa pilari- ja kehärakenteissa arviolta 30%, sisemmissä rakenteissa arviolta 15% pinta-alasta. Lisäksi tehdään aina arkkitehti- ja rakennesuunnitelmissa esitetyt työt.

Pesubetonipintoja ovat museon rapattujen julkisivupilareiden ja eteläsivun sokkelit. Län-sijulkisivulla seinän alaosa ja sokkeli ovat pesubetonipintaista laattaa. Pesubetonipintai-sissa laatoissa on muutamia näkyviä korroosiovaurioita ja halkeamia. Pesubetonipintai-set laatat korjataan, tai uusitaan suunnitelmien mukaisesti alkuperäisen struktuurin mu-kaisina.

### 8.3.5 Betonirakenteiset ulkotasot urheilumuseon alueella

Urheilumuseon kattotasanteen kantavana rakenteena on kaksoislaattapalkisto. Vanhan rakennusselostuksen mukaan laatan päällä on vedeneristeenä bitumihuovat sekä -sive-lyt ja tämän päällä 40 mm teräsbetonilaatta. Tehtyjen rakenneavausten mukaan pinta-kerroksien paksuus on 150-300 mm rakenneavauskohdasta riippuen. Vanhat pinnoit-teet, pintakerrokset ja vedeneristeet poistetaan ja korjaukset tehdään kohdan betonin-korjaukset mukaan. Pohjat ylitasoitetaan WEBER REP- korjauslaasteilla siten, että kal-listukset ovat n. 1:80. Pinnoitus tehdään seuraavin kallistuksen päälle asennettavin ra-kennekerroksin:

- Kallistusvalun päälle asennetaan vesieristeenä toimiva ruiskutettava kaksikom-ponenttinen polyuretaanielastomeerivedeneriste, vesieristekerroksen paksuu-den tulee olla >3 mm
- salaojamatto esimerkiksi Enkadrain, paksuus 10 mm
- Lämmöneristeenä Finnfoam F400, paksuus 40-170 mm kallistusten ja pintara-kenteiden paksuuden mukaan
- Uusi pintabetonilaatta jonka paksuus on 80-100 mm. Keskeisenä raudoituksena ruostumaton teräsverkko #7-150, betonilaatta betonoidaan 5x5 m:n ruuduissa

betonin kutistuman hallitsemiseksi. Tarkemmat raudoituspiirustukset tehdään rakennesuunnitelmien detaljipiirustusten mukaisesti

Vedeneristykset nostetaan seinille ylös vähintään 100 mm, vesieristeen ollessa kattorakennetta on ylös noston korkeus vähintään 300 mm. Vesieristeen suojaksi asennetaan 0,7 mm kuumasinkitty tai kuparipelti, värisävyn ja peltityypin määrittää arkkitehti. Pellin kiinnitys tehdään voimassa olevan RT- kortin mukaisesti rst-ruuvein k/k 150 mm:n kiinnitysvälein. Vedenpoistot uusitaan ruostumattomilla vedenpoistoputkilla, materiaalina on HST eli haponkestävä ruostumaton teräs. Putkiot LVI-suunnitelman mukaisesti. Museon portaikon katon vedeneristys uusitaan kaksinkertaisella kumibitumikermyksellä. Uuden bitumikermyksen käyttöluokkana on VE 80, uudet räystäspellitykset toteutetaan rakennesuunnittelijan laatimien detailjien mukaisesti. Betonikorjaukset tehdään oheisen kohdan mukaan.

Ulkotasojen pintakäsittelyt sisältävät museon katoksen alapinnan, koilliskaarten parvekkeet ja ulkoilmaan rajoittuvat alapohjarakenteet. Museon katoksen kantavan kaksoislaattapalkiston alapinta on noin 40 mm paksuinen betonilaatta, jossa on rappaus alapinnassa. Vanha rappaus piikataan pois ja betoni korjataan kohdan betoninkorjaustyöt mukaan. Pinnan ylitasoitus ja maalaus tehdään ruiskubetoniteknikalla weber Oy:n tuotteilla REP 975 ja TEC 772. Viimeistely tehdään alkuperäisen pinnan struktuurin mukaisesti. Pääkatsomon katos kunnostetaan erillisen selostuksen mukaisesti. Suunnitelmapiirustuksissa osoitettuja betonikaiteita korotetaan. Kaiteiden teräsosien kunto tutkitaan, ruosteet poistetaan ja teräksiset kaiteet ruosteenesto käsitellään. Kiinnitykset kantaviin rakenteisiin varmistetaan. Kaiteet maalataan ja korjataan arkkitehtisuunnitelmien mukaan. Kiinnitykset tehdään rakennesuunnittelijan ohjeiden mukaisesti.

## **9 Rapattujen rakenteiden vauriotyypit**

### **9.1 Yleistä**

Betonin tavoin Suomen ilmasto-olosuhteissa vaurioituu helposti myös rappaus- ja muurauslaastit. Laasteissa on, puhdasta kalkkirappausta lukuun ottamatta, aina mukana sementtiä. Laastit karbonatoituvat aivan samalla tavoin kuin betonirakenteet otollisissa olosuhteissa. Kosteus lisää aina karbonatoitumisen nopeutta määrättyyn pisteeseen

asti, eli kuivassa rakenteessa on karbonatisoituminen hitaampaa. Karbonatisoitumisessa pätee samat säännöt kuin betonirakenteiden osaltakin. Näitä on selostettu tarkemmin kohdassa 7.1. Laastin rakenne on myös betonia huokoisempaa, tämäkin nopeuttaa karbonatisoitumisen etenemistä. Edellä kuvattujen seikkojen johdosta on myös rapatun rakenteen oikeanlainen pinnoitus erittäin tärkeää. Mikäli rappaukseen on upotettu korroosioherkkää raudoitusta, esimerkiksi verkko tai rappauksen läpi menee kiinnityksiä, alkaa niiden vaurioituminen karbonisoituneessa rakenteessa, kun vain kosteutta on riittävästi. Jos rappauksen takana olevassa rakenteessa on raudoitteita, on raudoitteiden korroosion käynnistyminen todennäköistä silloin kun rappauskerros on läpi karbonisoitunut, ja kosteutta pääsee rakenteeseen. Tämän tyyppinen rakenne voi olla esimerkiksi rapattu harkko tai tiilimuuraus jonka saumaväleissä on raudoitusteräket [20]. Vauriotyypit rappauksissa ovat muutamia erityistapauksia lukuun ottamatta hyvin samantyyppisiä kuin vauriot betonirakenteissa.

Vaurioita voi olla myös rappauksen alustassa. Alustana toimii useimmiten tiilimuuraus, paikallavalettu teräsbetoni tai teräsbetonelementti, siporex- tai kevytsoraharkot. Alustan liikkeet ja rapautuminen aiheuttavat myös rappauspintaan vaurioita jotka näkyvät esimerkiksi halkeiluna. Rappausalustan halkeaminen on yleensä asia joka johtaa myös pinnan rappauskerroksen halkeamiseen [27]. Rappausalustassa olevat harkkovälien raudoitteet, itse rappauksessa oleva teräsverkko tai rappauksen läpi menevät teräsosat voivat alkaa ruostua. Niiden korroosio aiheuttaa todennäköisesti vaurioita myös rappaukseen ja muihin liittyviin rakenteisiin. Rappausverkon tulisi olla sinkitty, jolloin se kestää yleensä rappauksen elinkaaren ajan.

Rapatuilla pinnoilla esiintyy usein vanhenemisen yhteydessä alustasta irtoamista pintastruktuurin ollessa vielä aivan ehjä. Tämä ilmiö voi joskus olla myös uudessa rappauksessa. Ilmiötä kutsutaan rappauksen kopoksi. Kopo pystytään tutkimuksissa toteamaan koputtelemalla tai vasaroimalla rappauspintaa kevyesti. Koporappaus kumahtaa lyödessä ontosti ja ehjä rappauspinta helähtää kirkkaasti. Ontto ääni johtuu siitä, että rappaus on irti alustasta ja välissä on tyhjää tilaa [20]. Kopo voi syntyä rappaukseen monista syistä. Syitä ovat esimerkiksi: Käytetyt laastit ovat sopimattomia keskenään tai alustan kanssa, jälkihoito on ollut epäonnistunut, alustassa on ollut epäpuhtauksia ja työvirheet [27]. Kopo syntyy myös, jos rappauksen rakenne on alustaan nähden liian tiivis, tämä voi aiheuttaa myös rappauksen irtoamisen. Liikkeet rappauksen alustassa

voivat aiheuttaa rappauksen irtoamisen tai kopon syntymisen. Orgaaninen aines tartuntapinnassa ja rappausverkon korroosio aiheuttavat rappaukseen kopoa tai pahimmassa tapauksessa halkeilua, lohkeamista ja irtoilua [28].

Pinnoitteen vaurioituminen mahdollistaa luonnollisesti rappauksen vaurioitumisen. Pinnoitteet ovat joko orgaanisia tai epäorgaanisia. Orgaaniset maalit ja pinnoitteet ovat pääosin rappaukselle haitallisempia, koska maali muodostaa pintaan tiiviin kalvon. Tiiviin kalvon alta ei sen alle päässyt kosteus pääse poistumaan. Epäorgaaniset pinnoitteet soveltuvat rappaukselle paremmin, sillä ne eivät muodosta tiivistä kalvoa rappauksen pinnalle. Näin ollen rappauksen alle päässyt kosteus pääsee kuivumaan pinnoitteen alta. Orgaaninen pinnoite saattaa lisäksi sisältää asbestia, nämäkin asiat tulee selvittää kuntotutkimuksissa tai viimeistään haitta-aine selvityksessä. Orgaanisen maalin eli niin sanotun muovisideainetta sisältävän maalin vaurioituminen tapahtuu yleensä ultraviolettisäteilystä tai pinnoitteen taakse päässeestä kosteudesta. Vaurioita voi myös aiheuttaa maalin tartunnan vanheneminen joka johtaa maalin irtoamiseen liuskeina tai hilseilyyn. Kalkki-, sementti- tai silikaattimaalit kuluvat hallitusti haalistumalla ja tartunnan heikentymisellä. Kuntotutkimuksen yhteydessä on aina syytä selvittää maalin kunto ja onko se orgaaninen (esimerkiksi pahamaineinen Kenitex-maali, joka sisältää myös asbestia) vai epäorgaaninen tai ainoastaan perinteinen kalkki- tai silikaattimaali [27].

## 9.2 Länsijulkisivu pääkatsomossa ja urheilumuseo

Olympiastadionin länsijulkisivu on pääasiassa vanhaa pääkatsomoa. Tämä alue on stadionin tornin lisäksi stadionille tullessa näkyvin ja alkuperäisin osa stadionin historiaa. Länsijulkisivu on nelikerroksinen. Ylin osa on rapattu ja alun perin kirkkaan valkoinen ulkonäöltään. Rappauksen alustana on punatiili. Rapatun ja muuratun julkisivun sisäpuolella on osin ilmanvaihtokonehuoneita.

Rappauspinta näyttää kaukaa katsottaessa melko hyväkuntoiselta. Nostokorilla lähestyttäessä julkisivun pintaa, on mahdollista havaita jo enemmän vaurioita. Tornia lähinnä olevassa julkisivun osassa todetaan pystysuuntaista halkeilua. Joissakin kohdin halkeilu on verkkomaista joka tarkoittaa, että halkeamia on todennäköisesti taustan tiilimuurauksen pysty- ja vaakasaumojen kohdilla. Muurauksesta ei todettu tutkimusten mukaan löytyvän teräksiä tiilien saumoista. Vasaroitaessa havaittiin monin paikoin selkeästi kopoa.

Kopon määrän arvioitiin tutkimuksessa olevan noin 15-20% julkisivun pinta-alasta lähinnä tornia olevalla alueella. Maalipinta hilseili alueella monin paikoin. Pintarappauksessa todettiin myös hilseilyä, eniten seinän yläosissa. Tornin nurkan ja julkisivuseinän liitospinta rappauksissa halkeilee ja on murtumassa [20].

Keskimmäinen osio länsijulkisivusta oli huomattavasti paremmassa kunnossa halkeilun ja kopon esiintymisen suhteen, kuin tornia lähinnä olevin julkisivun osuus. Osassa seinää havaittiin suurehko halkeama, joka sijoittui liikuntasauaman läheisyyteen. Halkeaman leveydeksi todettiin yli 6 mm. Maalipinta hilseili ja pintarappauksessa todettiin sitä enemmän ongelmia mitä ylemmäs seinää tutkimus eteni. Museoon päin mentäessä kopon ja alkavan kopon määrä alueella lisääntyi. Yhdessä kohdassa todettiin pilarivälillä 109-118, että rappauskerros oli kokonaan irronnut ja pudonnut alustastaan. Tältä kohtaa löytyi tiilisaumasta lisäksi korroosiovaurioitunut teräs. Verkkomaista halkeilua ei todettu merkittävässä määrin. Liikuntasaumaan oli asennettu saumamassa ja sen todettiin olevan vielä melko hyväkuntoista. Kopoa havaittiin alueella 15-20 % julkisivupinta-alasta. Seinän yläosa oli jälleen kokonaisuudesta huonokuntoisin [20].

Museota lähinnä olevasta pääkatsomon rapatusta julkisivusta todettiin pääasiassa samoja vaurioita kuin muualtakin. Kopoa todettiin olevan hieman enemmän eli noin 20 % pinta-alasta. Kopoalueet olivat kuitenkin jo huomattavan heikkoja ja vasaroitaessa irtosi paloja julkisivusta kopoa tutkittaessa. Rappaus todettiin alueella myös muuta seinäpintaa pehmeämmäksi. Pinnoite, pintarappaus ja väriauriot painoutuivat seinän yläosiin. Jonkin verran vaurioita todettiin kuitenkin myös seinien muista osista. Julkisivussa todettiin alkavaa ja jo käynnistynyttäkin pakkasrapautumaa [20]. Täydentävissä tutkimuksissa jotka suoritettiin noin neljä vuotta myöhemmin, todettiin maalipintojen hilseilyn lisääntyneen, varsinkin seinärakenteen yläosissa [14]. Rappauksen alustassa on suurella todennäköisyydellä korjausta vaativia vaurioita koko länsijulkisivun alueella.

Urheilumuseon länsijulkisivulla on useita ikkunoita. Ikkunoiden yläpuolella oleva rappausseinä on katkaistu liikuntasaumoilla. Urheilumuseo rakennus on rakennettu useassa eri ajanjaksossa, useilla eri rakenneperiaatteilla. Tutkimuksen yhteydessä paljastui, että alueella, jossa on pelkkä betonipinta, ei ole rappaus vaan pelkkä valkoinen pinnoitekerros. Liikuntasaumat on maalattu yli ja ne ovat uusintakunnossa suurimmalta osin. Harkkoseinän alueella erottuivat harkkosaumat rappauksen läpi näkyvänä halkeiluna. Syynä tähän on ilmeisesti harkkoissa sijaitsevat raudoitteet, jotka ovat jo ainakin osittain korroosiotilassa. Muutamia korroosiovaurioita oli näkyvissä saumaraudoitusten kohdilla.



Ikkunapelttien kallistukset todettiin liian pieniksi. Rappauspinnassa todettiin satunnaisesti kopoa. Rappauskerrosten paksuus vaihteli paljon lähes olemattomasta pariin senttimetriin [20].

Urheilumuseon eteläsivulla havaittiin tutkimuksissa ylätasanteen osilta rappauspinta halkeilleeksi ja siinä oli paljon säröilyä. Ylätasanteella rappauspinnassa todettiin olevan irtonaista kopoa jopa 50% rappauksen pinta-alasta. Alemman porrassuunnan tasolla rappaus oli jo melko hyväkuntoinen. Rappauspinnoissa havaittiin monin paikoin hiushalkeilua, ikkunapielien nurkat halkeilivat runsaasti ja osin olivat jopa alapuolisen rakenteen betoniteräksiset ruosteessa ja näkyvillä. Etelä ja -länsisivuilla havaittiin pahoin rapautuneita kohtia [20] [14].

Museon pohjoisseinustalla todettiin myös rappauspinnassa harkkojen vaakasaumoissa halkeilua, lähes säännöllisesti, niissä kohdin joissa voidaan olettaa raudotteiden olevan. Rappauspinnoissa havaittiin alkavaa kopoa. Vesipellit ikkunoissa olivat osassa ikkunoita liian lyhyet ja niissä todettiin toiminnallisia puutteita, osittain pellitykset todettiin kunnossa oleviksi. Pääosin rappauspinnassa havaittiin hieman tiilikuvioista halkeilua mutta vasaroitaessa rappauspinta todettiin melko hyväkuntoiseksi [20].

Museon itäisivulla todettiin jälleen ikkunoiden vesipelleissä lukuisia puutteita. Vesipeltien kallistukset olivat monin paikoin olemattomat tai kallistus oli joissain kohdissa rakenteeseen sisään päin. Ikkunan ja rappauksen liitoskohdissa ei todettu olevan kittausta lainkaan. Liitos oli tehty puisella rimalla. Yhdessä kohdassa havaittiin ikkunarakenteen olevan kokonaan irti. Ikkunapuitteen ja rappauksen välissä oli kauttaaltaan havaittava suurrehko rako. Rappauspintaa vasaroitaessa ei todettu juurikaan kopoa, eikä löydetty häiritsevää määrin halkeiluakaan. Rappauspinnan saumoissa todettiin puutteita ja sauman viereinen rappaus lohkeilee. Itäisivun pihaan päin oleva rappauspinta todettiin huonokuntoiseksi. Halkeilua oli runsaasti, maalipinta hilseili ja rappauksen pintakerros oli irtoamassa. Irronneista kohdin voitiin todeta täyttörappauskerroksenkin olevan halkeilutta [22] [14].

Urheilumuseon hormirakenne todettiin tutkimuksissa yläosastaan rappauksen ja jopa taustalla olevan tiilirakenteen suhteen todella huonokuntoiseksi. Tutkimuksen perusteella suositeltiin uusimaan hormia neljä metriä yläosastaan kokonaisuudessaan. Rappauspinnat suositellaan uusittavan hormista kokonaisuudessaan [14].

Suurin ongelma Urheilumuseon julkisivun rappauksissa kenties on rappauskerrosten ohut paksuus, paksuuden suuret vaihtelut ja nykyisen pinnoitteen suuri kuluneisuus sekä kosteuden ja hiilidioksidin läpäisevyys. Nämä edellä kuvatut puutteet ovat mahdollistaneet rappauksen takana olevan alustarakenteen terästen korroosion ja alusrakenteen vaurioitumisen. Myös liittyvät rakenteet olivat monin paikoin detaljoinneiltaan puutteelliset.

### 9.3 Muut rapatut julkisivut

Olympiastadionilla on Urheilumuseon ja pääkatsomon, eli länsisiiven lisäksi myös joitakin muita rapattuja julkisivuja. Pääosin ovat stadionin rakenteet valkoiseksi maalattua betonia.

Itäkatsomoon liittyvällä itäjulkisivulla sijaitsee kolme porraskäyntiä, jotka ovat muuta julkisivua ulompana. Nämä porrastornit ovat kantavalta rakenteeltaan betonia ja ulkopinnaltaan rapattuja. Rappausalustana ja seinärakenteen lämmöneristeenä toimivat siporex-harkot. Rappauspinnassa todettiin olevan vähäisessä määrin kopoa, lähinnä etelänpuoleisissa seinustoissa esiintyi verkkomaista halkeilua. Pellitykset olivat vähintäänkin huollon tarpeessa. Itäkatsomosta siirryttäessä etelään, eteläkaarten pilarivälillä 23-25, on rapattu betonikaide. Tämän kaiteen rappauksissa todettiin olevan kopoa noin 15 % kaiteen pinta-alasta. Rappauksessa ei todettu merkittävää halkeilua. Nämä alueet muokataan kuitenkin perusparannuksen yhteydessä, joten suunnittelun edettyä tämän kohdan rappaututkimus oli työn tekemisen kannalta tarpeeton [20].

Toimistoiden alueilla on kantavat rakenteet teräsbetonia. Alin teräsbetoni-laatta rajoittuu ulkoilmaan. Lämmöneristeenä on alun perin rakenteessa ollut noin 150 mm paksu kevytsorakerros kantavan teräsbetoni-laatan ja ohuen pintalaatan välissä. Pohjoiskaarteessa on lämmöneristävyttä parannettu alapuolisella lämpörappauksella. Pohjoiskaarteessa on laasti-/rappauskerrokseen asennettu työnaikana sinkitty verkko, verkko todettiin osin jo ruostuneeksi. Uloimpana kerroksena todettiin olevan 2 tai kolmekerroksinen pinnoite tai maalikerros. Alkuperäisen rakennusselostuksen mukaisesti alin pinta maalataan kahteen kertaan kalkkimaalilla ja näkyviin jäävät julkisivun betonipinnat mineraalimaalilla [5]. Näiden rappaus- tai ruiskubetonikerrosten paksuudet vaihtelivat 15 ja 30 mm:n välillä [20].

Toimistotilojen ulkoseinät kentälle päin ovat myös rapattuja. Seinän rakenteena on 250 mm:n siporex-harkko, joka toimii lämmöneristyksenä, mutta ei ole kantava kuin ainoastaan paikoin ylimmässä kerroksessa, jossa se tukee yläpohjalaattaa. Seinä on tasoitettu ja maalattu sisäpuolelta ja rapattu ja maalattu ulkopuolelta. Ulkopuolinen maalaus on tässä kohdassa todennäköisesti kalkkimaali. Kentälle päin rajoittuvia ulkoseinien rappauksia ei ole juurikaan tutkittu. Ne ovat katsomorakenteen alla suojassa kosteusrasituksilta, kuitenkin käyntien perusteella näissäkin rappauspinnoissa oli havaittavissa paikallisia vaurioita.

Stadionin ulkopintoihin rajoittuvien rapattujen pintojen ja rappausten vaurioiden voidaan todeta tehtyjen tutkimusten mukaan olevan pääasiassa paikallisia. Länsijulkisivua ja Urheilumuseota lukuun ottamatta ovat vauriot mahdollista rajata, korjata paikallisesti ja peittää rajapinnat uudella pinnoitteella. Laajimmat vauriot olivat länsijulkisivulla ja Urheilumuseossa. Näiltä osin rappauksia on syytä harkita vähintäänkin osittaista rappauskerrosten uusimista paikallisten korjausten lisäksi.

## **10 Rappausten restaurointi?**

### **10.1 Pohdintaa korjaustavan valinnan perusteiksi**

Rappausten pinnoituskorjaus, paikkakorjaus, uusimiskorjaus vai peittävä korjaus? Nämä ovat esiin nousevat tärkeät kysymykset korjausten suunnittelun alkuvaiheissa. Peittävä korjaus voidaan rajata heti pois, koska kyseessä on Museoviraston suojelema kansallisesti arvokas kohde. Suurimaksi kysymykseksi nouseekin: Aletaanko rappauksia restauroimaan eli tehdä työ tavalla jossa huomioidaan asia, että sen ikä saa näkyä ja tuleviin korjauksiin joudutaan todennäköisesti lähitulevaisuudessa varautumaan. Se tarkoittaa käytännössä, että rakennetta joudutaan paikkaamaan osittain rappaus- ja pinnoituskorjauksin, eli kunnostetaan säilyttäen. Vaihtoehtona on uusia rappaukset kokonaan? Tässä tapauksessa toimenpide on lähinnä entistämistä. Näillä toimenpiteillä on mahdollista palauttaa Olympiastadionin ulkonäkö alkuperäiseen loistoonsa. Tietenkin on mahdollista myös osittain uusia rappauksia ja osittain suorittaa paikkaus- ja pinnoituskorjauksia. Konservointi, eli julkisivupinnan säilyttäminen kunnostaen, on ainoana ratkaisuna näkemykseni mukaan tässä tapauksessa pois suljettu.

Rakennus on aina kokonaisuus ja korjauksen yhteydessä tulee huomioida myös kaikki liittyvät rakennusosat. Vesikatto on myös yksi rakennuksen tärkeistä ”julkisivuista”. Vesikattoa korjattaessa tulee huomioida liittymät rapattaviin seinärakenteisiin. Ikkunoita ja niihin liittyviä pellityksiä korjattaessa ja uusittaessa joudutaan aina rappauksiinkin tekemään muutoksia. Olympiastadionin länsijulkisivu liittyy pääkatsomon katokseen yläosastaan. Katoksen rakenteita vahvistetaan perusparannuksen yhteydessä hiilikuidulla ja vesikatteen rakenteet uusitaan kokonaisuudessaan. Pääkatsomon katoksen vedenpoisto on länsijulkisivun yhteydessä. Vedenpoistoreikiä on vain muutamia, joten vesi on saattanut ja saattaa valua tulevaisuudessakin määrätyissä olosuhteissa vesikourun yli julkisivulle. Länsijulkisivun yläosan pääkatsomon vesikatteen vesikourun liittyvään pellitykseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Tutkimuksissa oli selkeästi havaittavissa suurimmat vauriot seinän yläosissa. Tässä kohdassa rakennetta on luonnollisesti suurin viistosaderasitus, mutta myös kourun ajoittainen ylivuoto on voinut rasittaa julkisivua tarpeettoman paljon. Kun vesikate uusitaan, ikkunat liittymineen ja pellityksineen kunnostetaan, tulee rappauspintaan huomattavasti tutkimusta enemmän korjattavia neliömetrejä. Urheilumuseossa on pääosin vastaava tilanne. Korjausten toteutus on myös ajateltava kokonaisuutena, jotta ei jälkikäteen jouduta tekemään tarpeettomia paikkakorjauksia. Julkisivujen korjauksissa on otettava huomioon kosteustekninen toimivuus saumojen, pellitysten, liittymien, pintastruktuurin ja pintamateriaalien mukaisesti [29].

Rapatun julkisivun korjaustavan valinnan tulee perustua aina pääasiassa rakenteen tekniseen kuntoon. Suojelluissa rakennuksissa valitaan teknisesti korjaustavoiksi soveltuvista vaihtoehtoista kustannustehokkain vaihtoehto joka täyttää myös suojelulliset ja arkkitehtoniset kriteerit [27]. Yleisesti on ollut kustannustehokkainta uusida koko julkisivun rappauspinta jos rappauksesta on yli 30 % uusittavassa kunnossa tai alustassa on tiedossa olevia merkittäviä korjausta vaativia vaurioita.

Korjaustyön suunnittelu on tehtävä yhteistyössä Museoviraston, arkkitehtisuunnittelun ja rakennesuunnittelun kanssa. Työtä tehdessä mukaan otetaan myös toteuttava urakoitsija, jonka kanssa käydään mallityöt, työtavat ja työn tavoitteet läpi. Tässä vaiheessa viimeistään harkitaan mikä on tavoitteena oleva työn lopputulos. Harkittavia asioita on esimerkiksi. Mikä on tavoitteena oleva käyttöikä korjauksen jälkeen, halutaanko julkisivusta arkkitehtonisesti alkuperäisen näköinen vai voiko ja saako rakennuksen ikä näkyä läpi esimerkiksi suoritetuista paikkakorjauksista. Olympiastadionin tapauksessa haastetta lisää tavoitteeksi asetettu alkuperäinen valkoinen väri. Näkemykseni mukaan on

stadionin tornin korjauksessa epäonnistuttu osin näistä syistä ja sen toteutus näkyy osittaisen laikkaisuutena ja värin epätasaisuutena. Pitkäikäisen korjaustavan varmistamiseksi on tässä yhteydessä järkevää huomioida, että stadionin julkisivu on nyt tehtävän korjauksen jälkeen sekä teknisesti, että arkkitehtonisesti sellaisessa kunnossa ettei sen julkisivuihin tarvitse tehdä normaalia huoltokorjauksia laajempia korjauksia lähivuosina tai vuosikymmeninä. Tämä tarkoittaa pelkästään maalaus tai pinnoituskorjauksia RT-kortin 18-10922 mukaisesti aikaisintaan 10-20 vuoden sisällä perusparannuksen valmistumisesta. Rakenteiden suunnittelun ja toteutuksen perusteet asiakirjassa määritetty rakenteille käyttöikätaavoite joka on 50 vuotta. Edellä kuvatut asiat huomioiden on Olympiastadionin korjaustyöt pääsääntöisesti suunniteltu ja suositellaan vahvasti myös toteutettavan seuraavassa kuvattujen periaatteiden mukaisesti.

## 10.2 Betoninkorjaus ja rappausten uusintalaajuus

Kantavien betonirakenteiden korjaus ja rappausten korjaus ja uusiminen on tämän tyyppisessä suojellussa kohteessa erittäin haastava tehtävä. Työselostuksen laatijaksi sovittiin rakennesuunnittelijan edustajat. Kun suunnittelija oli laatinut selostuksen siten, kuin näki teknisten näkökohtien suhteen tarpeelliseksi ja myös osin välttämättömäksi, ehdotetut toteutuslaajuudet käytiin läpi yhdessä arkkitehdin, rakennuttajan ja Museoviraston edustajien kanssa. Jokaisen osapuolen kommentoitua selostusta, päädyttiin selostuksessa esitettäviin asioihin jotka täydentyvät työmaan aikana pidettyjen katselmusten aikana.

Laajuudeksi sovittiin lopulta urakkalaskentavaiheeseen seuraavaa:

- Kaikki vaurioituneet betonipinnat korjataan. Rakennesuunnittelija esitti vanhan karbonatisoituneen betonin suojapinnoitteeksi mahdollisimman hyvin karbonatisoitumista ehkäisevää ja kosteutta suojaavaa mutta vesihöyryä hyvin läpäisevää pinnoitetta, niin sanottua "Goretex" -pinnoitetta. Tämän tyyppisiä pinnoitteita on markkinoilla lukuisia, mutta niistä valittiin suunnittelijan toimesta tuote Sikagard 550 W elastic, josta on eniten positiivisia kokemuksia vuosikymmenien ajankaksolta. Betonipintojen korjauksista on kerrottu tarkemmin luvussa 8.
- Julkisivujen rappaukset uusitaan kokonaisuudessaan pääkatsomon länsijulkisivulta, eli A- osalta ja Urheilumuseosta. Katsomomaljan alla ja galleriakäytävillä

olevia rappauksia uusitaan ja korjataan arviolta 20 % rappauksen pinta-alasta. Rappauksen uusinta ja korjauslaajuuden osilta on käyty ja käydään edelleen työmaan ollessa käynnissä paljon keskustelua uusintalaajuudesta, työtavoista ja käytettävistä materiaaleista. Rakennuksen historian aikana on monin paikoin rappauksia uusittu jo moneen kertaan. Alkuperäisiä rappauksia on pääasiassa ainoastaan katsomomaljan alla ja kenties itäkatsomon julkisivuissa. Korjaustyöselostuksessa päädyttiin uusimaan rappauksia siten, että kunto ja ulkonäkö saadaan mahdollisimman alkuperäisen näköiseksi ja teknisesti toimivaksi. Vähäisten vaurioiden alueilla ja niillä osin missä on mahdollisesti alkuperäisiä rappauspintoja, päädyttiin paikkauskorjaukseen ja pinnoittamiseen.

Stadion on maalattu moneen kertaan ja pinnoitustyyppiä on vaihdettu ja osissa stadionia on käytetty lateksimaalejakin rappauksen päällä. Tällä hetkellä on Olympiastadionin torni maalattu esimerkiksi Fesconin kiviväri S -nimisellä tuotteella. Alkuperäisessä rakennusselostuksessa on alkuvaiheessa mainittu käytettävän maalina kalkkimaaleja. Kuitenkin alkuperäinen kirkkaan valkoisen värin tuonut pinnoite on Olympiastadionilla ollut vesilasipohjainen silikaattimaali, siihen aikaan värin antanutta tuotetta on kutsuttu kvartsiittiväriksi. Tämä asia ilmenee muun muassa Maalarilehdestä numerosta 4 vuodelta 1939. Lehden mukaan Stadionin maalaukseen käytettiin 26 000 kg Kvarsiittiväriä. Maalin oli valmistanut samaisen lähteen mukaan J.Järvelän Lakka- ja Väritehdas. Alkuperäisessä rakennusselostuksessa Olympiastadionin laajennukseen liittyen vuonna 1955 toteaa Toivo Jäntti, että näkyviin jäävät osat ulkoseinäpilareista maalataan mineraaliväreillä ja suojassa olevia rakenteita kahteen kertaan kalkkimaaleilla (katsomomaljan alapuoliset osat) [5].

Kalkkimaalien ja kalkkilaastien kestävyys on todettu olevan heikko Suomen pohjoisissa olosuhteissa, jossa ilmasto-olosuhteet mahdollistavat rappauksen ja sen pintakerroksen jatkuvan jäätymisen ja sulamisen. Kalkkimaalit, kalkkimaalaukset ja kalkkilaastit kestävät hyvin esimerkiksi Etelä-Euroopan lauhkeammassa ilmastossa [30]. Tämä asia oli aikoinaan pääsyynä myös silikaattimaalien keksimiseen.

Eniten kokemusta vesilasipohjaisista väreistä on näkemykseni mukaan tällä hetkellä Keimillä. Selostuksen laatija on käyttänyt Keimin Purkristalat-maalauksittelyä menestyksekkäästi useissa historiallisissa tai suojelluissa kohteissa, kun on vaadittu pitkää käyttöikää ja on ollut tiedossa haastavia sääolosuhteita. Tuotteen historia ulottuu vuodelle 1878 ja se on ensimmäinen ja alkuperäinen vesilasipohjainen silikaattimaali. Keim aloitti

tutkimustyönsä Ludwig ensimmäisen kehotuksesta. Monarkki toivoi voivansa nauttia kalkkifreskojen näköisistä taideteoksista myös Baijerissa. Alppien pohjoispuolella vallitsee, hieman Suomen ilmastoa muistuttava, ankara ilmasto, joka kuitenkin kulutti kalkki-maalaukset varsin lyhyessä ajassa loppuun. Tämän johdosta monarkki käski tutkijoiden ja kemistien kehittää kestävämpi kalkkimaalia muistuttava pinnoite. Silikaattimaalin keksi lopulta Baijerilainen käsityöläinen ja tutkija nimeltään A.W Keim vuonna 1878. Hän patentoi tuotteen samana vuonna. Tuote on edelleen markkinoilla ja käytössä [31]. Näillä perusteilla haastavilla osilla, eli säärasitetuilla julkisivuilla, maalauskesittelyksi valittiin Keimin Purkristalat.

Korjaustyöselostuksen yleinen osio on rapattujen rakenteiden osilta vastaavanlainen kuin tämän opinnäytetyön kohdassa 8.2 on kuvattu.

### 10.3 Rapattujen julkisivujen alusrakenteet

Tehtävien rappaus- ja pinnoitekorjausten syynä on julkisivun pintoihin tulleet vauriot, jotka ovat sekä teknisiä että esteettisiä. Rappausalustoina on poltettua tiiltä, kalkkihiiek-katiiltä, betonia ja kevytsorabetoniharkkoja. Tiilien suurehkot vauriot korjataan poista-malla vaurioituneet ja irrallaan olevat tiilet ja uusimalla ne. Alueilla, joissa rappauksia korjataan, muurauslaastina käytetään samantyyppistä laastia kuin paikattavan kohdan ympäristössä jo on, ei missään tapauksessa lujempaa. Tiiliseinäpintaa ei saa käsitellä millään pintaa tiivistävällä aineella. Pienemmät vauriokohdat korjataan kevyemmin me-netelmin. Kolot täytetään poltetuilla tiilillä, joiden tulee olla alkuperäisen kaltaisia, pie-nemmät kolot voidaan täyttää rappauslaastilla KS 35/65/400. Rapautuneet laastisaumat korjataan pehmeällä mutta kuitenkin säänkestävällä kalkkisementtilaastilla. Laastin tyyppi selostetaan myöhemmissä kohdissa ja se valitaan vanhan laastin tyyppin mukai-sesti. Työtapa määritetään rappauksen poiston jälkeen alustasta paljastuvien vaurioiden koon mukaisesti.

Kevytsoraharkkojen vauriot korjataan paikkaamalla kolot kevytsorabetonilla, tai kevytso-ralaastilla. Betonirakenteisesta alustasta löytyvät vauriot korjataan betoninkorjausohjeen mukaisesti Korjausohjeet löytyvät tämän opinnäytetyön kohdasta 8.3.2. Julkisivujen lä-pimenevät ja julkisivuun liittyvät teräsosat puhdistetaan ruosteesta ja ruostesuojamaala-taan. Ruosteen estomaalina käytetään kaksinkertaista Ferrex-maalia ja lisäksi pintamaa-lausta.

Etelä- ja pohjoiskaarten ikkunanauhojen alapuolinen kalkkihiekkatiiliverhous uusitaan arkkitehti- ja rakennesuunnitelmien määrittämässä laajuudessa ja niissä kuvattuja työtapoja noudattaen. Mikäli julkisivujen seinissä on muuraamalla korjattavia osia, lähinnä pääkatsomo ja Urheilumuseo, käytetään korjauskohdissa käsin lyötyjä alkuperäisen näköisiä poltettuja tiiliä esimerkiksi purkutiiliä. Jos käytetään uusia vastaavan ulkonäön omaavia tiiliä, niiltä vaaditaan kuitenkin 10 vuoden säänkestävyytakuu. Tiilien valmistuksen tulee kuulua varmistetun laadunvalvonnan piiriin. Tiilien säänkestävyydestä on esitettävä puolueettoman tutkimuslaitoksen tutkimustulos, joka ei saa olla esitysajankoh-  
taa 6 kuukautta vanhempi. Muurauslaastin lujuusluokka on 5. Laasti on suhteutettava RIL85-1989 ja vastaavaa Eurocode-ohjeistusta noudattaen. Laastin on oltava säänkestävää ja sopia yhteen tiilten kanssa. Laastin laadunvalvonta on suoritettava. Vaurioituneet tiilet uusitaan. Alustan halkeamat kiilataan ja juotetaan umpeen kalkkisementtilaastilla.

Museon tiilirakenteinen korkea rapattu hormi/vanha savupiippu todettiin kuntotutkimuksessa jopa vaarallisen heikkokuntoiseksi. Tiilirungon todettiin olevan rapautunut, saumaukset ovat puolittain hävinneet piipun yläosasta ja betoninen yläreuna oli pahoin rapautunut. Vanha rappaus oli läpikarbonatisoitunut. Korjaustyönä piippua puretaan yläpäästään noin 2- 4 metrin matkalta ja rakennetaan vastaavalla tavalla uudelleen. Purettavan alueen laajuus täsmentyy purkutyön yhteydessä, jolloin myös alkuperäinen rakenteen toteutustapa dokumentoidaan tarkasti.

Julkisivussa tehtävät kittaukset ja saumaukset: Kittauksia tehdään ainoastaan niihin paikkoihin, joissa on sellaisia saumoja joissa on alun perin ollut kittauksia tai ne kittauksia vaativat, esimerkiksi sokkelin ja rappauksen rajakohtaan. Kittinä käytetään julkisivuun soveltuvaa saumamassaa esimerkiksi Sika Hyflex-250 Facade. Tuotevalmistajan ohjeita on noudatettava ja saumanauhaa käytettävä sen kohtaan soveltuessa.

Rapattujen seinien liikuntasaumaoissa olevat elastiset saumaukset uusitaan. Saumauksen pohjalle tulee umpisoluihin pyöreä saumanauha. Elastisena saumasaineena käytetään Sika Hyflex- 250/260 Facade ja Sikaflex Construction -saumamassoja. Saumaus-  
työ tulee huomioida rappaustyötä tehdessä, saumoja ei maalata tai pinnoiteta sauman yli.



## 10.4 Rappausten uusinta

Niillä alueilla, joissa rappauksia korjataan, tehdään korjaustyö erillisen selostuksen kohdan mukaisesti. Säilytettäväksi arkkitehtisuunnitelmissa esitetyt pellit ja ritilät otetaan talteen ja kunnostetaan. Ennen rappauksen purkua puretaan ikkunoiden vesipellit, ulkoseinien ritilät, ulkosäleiköt, valaisimet irrotetaan ja seinätikkaita poistetaan. Nykyinen maalipinta poistetaan esimerkiksi Torbo-menetelmällä Niillä osin kuin se on mahdollisesti asbestipitoinen, työ tehdään asbestipurkuna. Rappaus poistetaan piikkaamalla siten, että tiilipinnat saadaan näkyviin, tiilipinnan puhtausasteen tulee olla 95 %. Pinnat puhdistetaan kaikesta irtonaisesta laastista ja liasta. Uusina laasteina käytetään Hyvinkään Betoni Oy:n laasteja. Laastien tulee olla säänkestäviä. Muunkin valmistajan laastit voivat tulla kyseeseen, kunhan vain osoitetaan niiden olevan vastaavia laadultaan. Työ tehdään pumppaamalla tai ruiskuolla ja pintakerros käsin lyömällä ns. 3-kerrosrappauksena. Seinissä olevat lohkeamat ja muut heikkoudet paikataan käsin ennen varsinaisen rappauksen tekoa esimerkiksi rappauslaastilla 2-3 vuorokautta ennen lopullisen rappaustyön aloittamista. Ikkunoiden ja ovien yläpuolella olevat teräs/teräsbetonipalkit puhdistetaan ruosteesta ja teräsosat suojataan Weber Oy:n terässuojalaastilla REP 05 kahteen kertaan valmistajan työohjeita noudattaen.

Lähtökohtana on, että säärasisus on voimakasta varsinkin pääkatsomon länsijulkisivun yläosissa.

### *Tartuntarappaus*

Tiilipinta kostutetaan 1 - 2 tuntia ennen rappautusta. Laastina käytetään valmistajan ohjeen mukaisesti sekoitettua Hyvinkään Betoni Oy:n KS35/65/400 kalkkisementtillaastia. Urheilumuseon erilaisilla rakenneosilla käytetään erityyppisiä laasteja. Kevytsoraharkkoseinällä ja betonielementtiosuudella käytetään saman valmistajan KS10/90/350 kalkkisementtillaastia. Tartuntalaasti levitetään pumpun avulla. Tartuntarappaus tehdään täysin peittävänä 2 - 4 mm:n kerroksena, laastin max. raekoko on 4 mm. Suoritettu tartuntarappauskerros on pidettävä kosteana vähintään vuorokauden ajan työn suorittamisen jälkeen. Pinta on jätettävä karheaksi. Rakenneosat erotetaan toisistaan rappaukseen tehtävin liikuntasauvain. Rappauskerrosten paksuudet tehdään vanhan rakenteen kerrospaksuuksia noudattaen.

### *Verkotus*

Verkotus tehdään tartuntarappauksen jälkeen. Hitsattu ja huolellisesti kuumasinkitty rappausverkko kiinnitetään tartuntarappattuun tiili, harkko tai betonipintaan korroosionkestävillä siteillä, joiden määrä on noin 5-7 kpl/m<sup>2</sup>. Siteinä voidaan käyttää ruostumattomia tai kuumasinkittyjä sinkilöitä tai muita syöpymättömiä kiinnikkeitä. Verkon tulee olla 3 - 5 mm irti alustastaan siten, että verkko jää kokonaan täyttölaastin sisään. Saumakohtissa verkot limitetään vähintään 100 mm. Ikkunoiden ja ovien pielissä käytetään erillisiä verkosta leikattuja vahvikekappaleita.

### *Täyttörappaus*

Täyttörappaus voidaan tehdä vuorokauden kuluttua tartuntarappauksesta. Hyvinkään Betoni Oy:n KS50/50/600 kalkkisementtillaasti levitetään koneellisesti tai käsin lyömällä noin 10 – 15 mm:n kerroksina. Levityksen jälkeen laasti oikaistaan laudalla. Urheilumuseon erilaisissa rakennekerroksissa käytetään saman laastivalmistajan KS35/65/500 täyttölaastia. Pinta karhennetaan eli tehdään niin sanottu rassausta, jotta pintalaastille saadaan hyvä tartunta. Täyttörappauksen kasvattamien yli 15 mm paksuuteen tehdään useana kerroksena yhden - kahden vuorokauden välein.

### *Pintarappaus*

Pintastrukturi tehdään vanhan mallin ja arkkitehdin sekä Museoviraston edustajan ohjeistuksen mukaisesti. Kaikista rappaukseen liittyvistä detaljeista ja pinnoista tehdään malli rakennuttajan hyväksyttäväksi ennen töiden laajamittaista suoritusta. Julkisivun rappauksen strukturi tulee olla kuten vanhoissa julkisivuissa. Pintarappauslaasti sävytetään maalin kanssa samanväriseksi, laastin sävytystapa tulee vahvistaa soveltuvaksi pinnoitustyyppin kanssa. Käsin lyötävä pintarappaus tehdään Hyvinkään Betoni Oy:n KS 50/50/600 tai tapauskohtaisesti KS70/30/400 kalkkisementtillaastilla valmistajan ohjeiden mukaisesti. Urheilumuseon erilaisissa rakennekerroksissa käytetään tässä tapauksessa samaa tuotetta, 50/50/600 kalkkisementtillaastia. Työ voidaan aloittaa kahden - kolmen vuorokauden kuluttua täyttörappauksesta. Valmis pinta pidetään kosteana vesisumutuksella kahden - kolmen vuorokauden ajan.

## 10.5 Rappausten korjaukset

Seinissä olevat lohkeamat yms. paikataan käsin ennen varsinaisen rappauksen tekoa esim. rappauslaastilla 2-3 vuorokautta ennen rappauksen aloittamista. Korjaukset suoritetaan riittävän laajalta alueella suoraviivaisesti pohjasta alkaen. Ennen korjausmuurausta ja rappausta alue ja sen lähiympäristö kastellaan runsaasti, jotta uusi laasti tarttuu pohjaansa ja ettei laastin liian nopeasta johtuvaa halkeilua tapahdu. Kasteluveden on kuitenkin annettava imeytyä seinäpintaan kunnolla ennen rappaustyön aloittamista, vesikalvon päälle rappaaminen ei onnistu. Rappauslaasti lyödään kauhasta nopealla liikkeellä seinään ja pinta tasoitetaan esimerkiksi kauhalla työntäen ja voimakkaasti painaen. Laastin jäykistyttyä jonkin aikaa voidaan sen pinta hiertää tasaiseksi ympäröivään tasoon.

Korjattava alue arvioidaan tehtyjen tutkimusten, suoritettujen ja ennen korjaustyön aloitusta suoritettavien kopokartoitusten perusteella. Korjattavan alueen tulee kuitenkin ylettyä ehjään rappauspintaan, joten paikattava alue on aina oltava kopokohtaa reilusti suurempi. Vanha rappaus poistetaan piikkaamalla siten, että tiilipinnat tai muu rappauksen pohjamateriaali saadaan näkyviin, pinnan puhtausasteen tulee olla 95 %. Pinnat puhdistetaan kaikesta irtonaisesta laastista ja liasta.

1990-luvulla suoritettussa peruskorjauksessa on rapattuja julkisivuja korjattu ja paikkailtu. Tarkka korjausten laajuus ja käytetyt laastityypit eivät ole tiedossa. Vanhoista suunnitelma-asiakirjoista selviää kuitenkin, että paikkauksiin on käytetty varsin sementtipitoista laastia. Tartunta- ja täyttölaasteina on käytetty KS50/50 laasteja, pohjakerroksen kivi-koko on ollut 3 mm ja täyttörappauksen raekokoko on ollut 1,5 mm ja sen pinta on hierretty. Nämä edellä mainitut paikkaukset on suurella todennäköisyydellä toteutettu pääkatsomon länsijulkisivuun ja kenties Urheilumuseoon. Pääkatsomon alla paremmin sääsuojuilla osilla ja muualla Olympiastadionilla on vanha laasti todennäköisesti pääosin alkuperäistä kalkkilaastia ja rapattu yhdellä tai kahdella kerralla. Vanha laasti on todennäköisesti tehty märkäsammutetusta kalkkitahnasta tai rakennushienokalkista, tilavuussuhteessa 1:3 hiekan kanssa. Se on mahdollisesti paljon sideainetta sisältävää laastia.

Vanhan laastin tyyppi on selvitettävä huolellisesti ennen korjaustöiden aloitusta. Uutena laastina käytetään Hyvinkään Betoni Oy:n laasteja. Laastien tulee olla säänkestäviä. Korjauslaastina käytetään märkälaastia K 100/900 johon lisätään ainoastaan tarvitta-

essa kalkkitahnaa tai sementtiä valmistajan erillisen ohjeen mukaisesti. Uuden kalkkilaastin tyyppi ja soveltuvuus vanhan kalkkilaastin kanssa varmistetaan tuotevalmistajan kanssa ennen työn aloitusta. Jos vanha laasti ei olekaan kalkkilaastia, tehdään paikkakorjaus luonnollisesti vanhan laastia vastaavalla kalkkisementtillaastilla. Paikkakorjausta tehtäessä on kuitenkin huomioitava, että paikattu kohta ei saa missään tapauksessa olla kovempi kuin vanha rappauspinta [27]. Jos paikattu kohta on ympäristöään lujempi, se näkyy tummempana kohtana ja on tällöin ympäristöään kestävämpi joka voi aiheuttaa halkeilua. Kovuudella tarkoitetaan laastin sementtipitoisuutta. Muunkin valmistajan, kuin Hyvinkään betonin laastit voivat tulla kyseeseen, kunhan vain osoitetaan, että ne ovat vastaavia laadultaan. Paikkausta ei voi missään kohdassa tehdä osittain poistetun rappauksen päälle, vaan rappaus on poistettava korjattavilla kohdilla aina rappauksen pohjaan asti.

#### 10.6 Maalaus ja pinnoitus

Rappauspintojen värisävyn määrittää arkkitehti. Julkisivuun tehdään 3 kpl värimalleja, joista lopullinen väri valitaan. Maalina käytetään säälle alttiina olevilla julkisivunosilla Insinööri-toimisto Sulin Oy:n Keim Purkristalat -maalia. Maali on perinteinen 2-komponenttinen silikaattimaali. Maalaustyö suoritetaan valmistajan ohjeen mukaisesti. Katsomolaa-  
tastojen alapuolisilla osilla, säältä suojassa olevissa julkisivurakenteissa, käytetään rappauspintojen maalina kalkkimaalia. Maalin värisävyn määrittää arkkitehti.

Maalaus-alustan on oltava kiinteä, puhdas ja pölytön. Maalaus-alustan on oltava kuiva ja sen on ehdittävä kuivua riittävän pitkä aika ennen maalausta, oletettavissa oleva kuivumisaika on noin. 4 viikkoa. Mahdolliset pintasuolat ja kiilto poistetaan huolellisesti maali-valmistajan ohjeita noudattaen. Maalaamisen ja kuivumisen aikana on alustan ja ilman lämpötilan oltava yli +5 °C ja mielellään alle +25 °C seuraavien neljän viikon aikana. Museoviraston ohjeistus alimmalle sallittavalle lämpötilalle on +8 °C. Pohjamaalin ja pinta-maalien käsittelyt tehdään aikaisintaan vuorokauden välein.

#### 10.7 Jälkihoito ja kostutus

Rapattavat pinnat kostutetaan aina ennen rappausta. Jälkihoito tulee tehdä aina sumut-tamalla. Alla on kerrottuna ohjeelliset jälkihoitoajat:

- tartuntalaastikerros 1 vuorokautta
- täyttörappauskerros 2-3 vuorokautta
- pintarappauskerros 2-3 vuorokautta
- maalaus 3-4 vuorokautta.

Materiaalivalmistajien kirjallisia ohjeita tulee noudattaa kaikissa työvaiheissa.

### 10.8 Ikkunoiden sekä ovien liittymät ja smyygit

Ikkunoiden ja ovien liittymät ja pielet eli smyygit. Rappaus käännetään ikkuna- ja oviaukoissa ikkuna- ja ovikarmia vasten, työstä tehdään aina mallityö, joka tulee hyväksyä ennen lopullisen työn aloitusta.

Ikkunan vesipellit tehdään noudattaen RT-korttia RT 80-11202, johon jäljempänä olevat kuvanumerot viittaavat. Peltinä käytetään yleensä arkkitehtisuunnitelmissa ja rakennedetaljeissa määriteltyä kuparipeltiä. Sijainneissa joissa suojeluarvo ei ole kriittinen, käytetään kuitenkin kuumasinkittyä maalattavaa peltiä, jonka paksuus on 0,7 mm. Pellin liittymä rappaukseen kuva 22, 26 ja 28 mukainen. Pelti kiinnitetään kuvan sivun 13 mukaisella lankakiinnityksellä (tai kuvan 18, 28 ja 29 mukaan), pellin läpiporauksia ei sallita. Karmiin kiinnitys tehdään ruostumattomilla ruuveilla k 200...300 mm välein. Sisänurkat tehdään kuvan 24 mukaisesti.

## 11 Yhteenveto

Suojellun rakennuksen peruskorjaus, varsinkin perusparannus jossa tehdään rakennukseen toiminnallisia muutoksia, on aina hankala tehtävä. Hankkeeseen liittyy aina useita eri osapuolia ja jokaisen osapuolen tärkeiksi näkevät arkkitehtoniset, historialliset, tekniset ja toiminnalliset arvot tulisi saada lopputyössä huomioitua. Helsingin Olympiastadionin kyseessä ollen lisää vaikeusastetta vielä rakennuksen historia ja rakennuksen ainutlaatuisuus Suomessa.

Tutkimusten perusteella voitiin todeta, että vanhat kantavat betonirakenteet ja julkisivujen rappaukset olivat pääosin korjattavassa kunnossa. Kantavat betonirakenteet ovat alkuperäisiltä osiltaan jo yli 80 vuotta vanhoja. Betoni oli lujuudeltaan ja kunnoltaan pääosin erinomaisessa kunnossa, vaikka suuri osa rakenteista on ollut säärasituksille alttiina. Suurin ongelma vanhoissa betonirakenteissa todettiin olevan pitkälle rakenteissa edennyt karbonatisoituminen ja varsin rakenteiden ulkopinnan läheisyydessä sijaitsevat teräkset. Ilmastonmuutoksen edetessä on mahdollista, että ilman suhteellinen kosteus kasvaa siten että korroosion käynnistyminen rakenteen sisällä mahdollistuu ja korroosio käynnistyy tai sen eteneminen nopeutuu. Vanhojen betonirakenteiden osalta on mahdollista suorittaa korjaukset niin sanotuin betonipaikkakorjauksin ja uusilla pinnoituksilla tai maalauksilla. Vanhoja betonirakenteita pinnoitettaessa on suositeltavaa käyttää pinnoitteena mahdollisimman hyvin kosteudelta ja hiilidioksidin etenemiseltä suojaavaa pinnoitetta rakenteen tulevan mahdollisimman pitkän eliniän varmistamiseksi. Tällä tavalla toimittaessa on vanha rakenne historioineen mahdollista säilyttää kokonaisuudessaan. Ainoastaan kohdissa joissa tehtiin toiminnallisuuteen liittyviä muutoksia, tuli rakenteita korjata ja vahvistaa rakenteellisesti.

Rappausten osalta on tutkimusten perusteella mahdollista säilyttää pääosa vanhoista rappauksista ja korjata niitä paikkakorjauksin. Suurilla näkyvillä julkisivuosuuksilla pääkatsomon länsijulkisivussa ja urheilumuseossa suositellaan suurempia korjaus- ja uusintatöitä. Tutkimusten aikana selvisi, että Olympiastadionin valkoisen värin aikaan saanut pinnoite rappausten, ja myös alkuperäisten betonirakenteiden päällä, ei ole ollut säärasituksilla osilla kalkkimaalia, eikä myöhemmissä korjauksissa käytettyä sementtiperusteista maalia. Tutkimusaineistosta selvisi, että Olympiastadion on alun perin, valmistaututtaessa vuoden 1940-luvun Olympialaisiin, maalattu kokonaisuudessaan silikaattimaaleilla. Silikaattimaalin värin tuohon aikaan antoi kvartsiittiväri. Maali oli niin sanottu vesilasi pohjainen maali, joista alkuperäinen ja tunnetuin on Keimin kehittelemä tuote. Säärasitukselta suojassa olevilla osuuksilla on käytetty alkuperäisessä muodossa ja alkuperäisessä rakennusvaiheessa pääosin kalkkimaaleja. Myöhemmissä korjauksissa on käytetty eri vaiheissa useita erityyppisiä maaleja. Tutkimuksen perusteella suositellaan palauttamaan Olympiastadionin historiaa näiltä osin ja pinnoittamaan rappauksia julkisivuissa mahdollisimman paljon käyttökokemusta olevalla kivilasipohjaisella maalilla. Tämä ratkaisu mahdollistaa suurella todennäköisyydellä rakennukselle mahdollisimman pitkän eliniän ja huoltovälin tälläkin osa-alueella.

Olympiastadionin peruskorjaus on mittava projekti. Hankkeeseen liittyy useita eri osapuolia. Yleisesti hyväksytyyn ohjeistuksen mukaisesti tulisi korjaustyöhön valittu ratkaisu tehdä aina teknisin perustein, mutta kaikki muutkin näkökohdat on historiallisessa rakennuksessa huomioitava. Hankkeen kustannusraami on äärimmäisen tiukka. On mahdollista, ettei kaikkia tässä opinnäytetyössä esitettyjä ratkaisuja tulla toteuttamaan suoraan edellä esitetyillä tavoilla. Rakennuksen historian aikana on korjaustöitä tehty monilla eri tavoilla. Nyt valitun korjaustavan tulisi olla mahdollisimman paljon historiaa kunnioittava, arkkitehtonisesti tyylikäs, teknisesti toimiva ja mahdollisimman pitkäikäinen ilman jatkuvia huoltokorjauksia. Korjausratkaisu on, varsinkin rappausten osalta, melko hintava ja on selvää, että kustannuksia pyritään säästämään mahdollisuuksien mukaan hankkeen aikana.

Jatkotutkimuksena tälle opinnäytetyölle voisi olla korjaustyön toteuttamisen seuraaminen ja dokumentointi. Myöhemmässä vaiheessa olisi hyvä tutkia ja arvioida tehtyjen korjaustöiden onnistumista ja verrata tuloksia tämän opinnäytetyön tuloksiin.

## Lähteet

- [1] <http://www.hameenlinna.fi/Kaupunki-info/Historia/Olympialaiset-1952/Nykyaikaisten-olympialaisten-perustaminen/>, "Hämeenlinnan kaupunki Internet sivut luettu 24.08.2017".
- [2] <https://www.olympiakomitea.fi/huippu-urheilu/kisat/olympialaiset/olympiahistoria-2/olympiahistoria/>, "Olympiakomitea internet sivut, Luettu 24.08.2017".
- [3] H. Högström, "Olympiastadion, Rakennushistoriallinen selvitys ja inventointi," Museovirasto, 1993.
- [4] Sweco Rakennetekniikka Oy/Tommi Mutanen, "Olympiastadion, rakennetutkimusraportti, pilarit 32, 17, 13, 8," 2014.
- [5] Kati Salonen ja Mona Schalin arkkitehdit Oy, "Olympiastadion, Rakennushistorian selvitys ja inventointi 2013. Rakennus- ja muutosvaiheet 1934-2013," Kati Salonen ja Mona Schalin arkkitehdit Oy, 2014.
- [6] Finnmap Consulting Oy, "Lisätutkimustarpeiden määrittäminen, Olympiastadionin perusparannus 2012-2018," Finnmap Consulting Oy/Mero, Anna-Kaisa; Yli-Säntti, Jaakko, 2014.
- [7] v. 2. Suomen betoniyhdistys ry, "Suomen betoniyhdistys ry, vuosikertomus 2013," Suomen Betoniyhdistys ry, 2013.
- [8] <https://billiongraves.com/grave/Jaakko-Ilmari-Packal%C3%A9n/16719972>, "Billiongraves.com Internet sivusto, luettu 13.09.2017," [Online].
- [9] Helsingin Sanomat, *Helsingin Sanomat*, p. 8, 18 6 1977.
- [10] STADION SÄÄTIÖ, "Perusparannus 2012-2018, Hankesuunnitelma," Stadion Säätiö/HKR-Rakennuttaja, Helsinki, 2014.
- [11] Maisema-arkkitehtitoimisto Näkymä Oy, "Eläintarhan alueen ympäristöhistoriallinen selvitys," Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto, Asemakaavaosasto, Helsinki, 2013.
- [12] Suomen Betoniyhdistys ry, Betonijulkisivun kuntotutkimus, by 42, Suomen Betoniyhdistys ry, 2013.
- [13] Helsingin kaupungin rakennusvirasto, HKR- Rakennuttaja, "Olympiastadion, Yhteenveto kuntotutkimukset 2009," Helsingin kaupungin rakennusvirasto, HKR-Rakennuttaja/Torikka, Kirsi; Vähämäki, Kari; Männikkö, Tero, 2010.



- [14] Sweco Rakennetekniikka Oy/Elina Paukku, "Olympiastadionin betonirakenteiden jatkotutkimukset ja rakenneavaukset," 2015.
- [15] Vahanen Oy: Kauriinvaha, Eeva; Keinänen, Hanna; Vuorikoski, Sami, "Kosteus- ja rakennetekninen kuntotutkimus," Vahanen Oy, 2009.
- [16] Vahanen Oy, "Olympiastadion ja Urheilumuseo, Peruskorjauksen selvitykset," 06.10.2015.
- [17] Contesta OY/Schadewitz, Aki, "Olympiastadion pääkatsomo, katoksen betonirakenteiden kuntotutkimus," Contesta Oy, 2013.
- [18] HKR Rakennuttaja, "Pääkatsomon katoksen korjauksen asiantuntijakeskustelu," 2014.
- [19] WSP Finland Oy, "Olympiastadion, Betonirakenteiden kuntotutkimus," 29.01.2010.
- [20] Aaro Kohonen Oy/Paukku, Elina, "Olympiastadionin ja urheilumuseon julkisivurakenteiden kuntotutkimus," 2010.
- [21] VTT, "Olympiastadionin katsomon liikuntasauvojen lämpöliikkeiden tutkimus," 21.12.2009.
- [22] Aaro Kohonen Oy/Elina Paukku, "Olympiastadionin rakenneavaukset syksyllä 2014," 2014.
- [23] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Korjausrakentaminen IV, Runkorakenteet, RIL 174-4, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 1988.
- [24] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Rakenteiden kuormitusohjeet, RIL 144-1997, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 1999.
- [25] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat, RIL 201-1-2011, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2011.
- [26] Suomen Betoniyhdistys ry, Betonirakenteiden korjausohjeet by 41, Suomen Betoniyhdistys ry, 2016.
- [27] Suomen Betoniyhdistys ry, by 46, Rappauskirja 2005, Suomen Betoniyhdistys ry, 2005.
- [28] Suomen Betoniyhdistys, Rapatun julkisivun kuntotutkimus, Rakennustieto, 1998.
- [29] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet, RIL 170-2012, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y., 2012.
- [30] V. Keskinen, "Historiallisesti arvokkaan rapatun julkisivun kuntokartoitus ja työselostuksen laadinta," Metropolia Ammattikorkeakoulu, 2016.

[31] Insinööritoimisto Sulin Oy/KEIM-mineraalimaalit, *KEIM- mineraalimaalit-vuodesta 1878*.

