

Pääsuunnittelijan tehtävät erittäin vaativassa jännebetoni- ja sisäilmakorjauksessa – Case: Lahden stadion

Aalto PRO Pääsuunnittelijakoulutus

Ville Ylönen
Arkkitehti SAFA
21.5.2015

Tiivistelmä

Tässä projektityössä tutkin erittäin vaativiin jännebetoni- ja sisäilmakorjauksiin liittyviä pääsuunnittelutehtäviä käyttäen tapausesimerkkinä Lahden stadionin pääkatsomorakennuksen perusparannushanketta. Stadionin pääkatsomorakennus korjataan vuoden 2017 MM-hiihtoja varten vuosien 2014–2015 aikana. Hankkeessa parannetaan myös rakennuksen energiatehokkuutta, ja asennetaan sen katolle teholtaan noin 130 kWp aurinkosähköjärjestelmä. Sekä jännebetonirakenteiden korjauksessa että sisäilmakorjauksessa rakennusvalvontaviranomainen edellytti suunnittelusta vastaavilta rakennesuunnittelijoilta korkeinta AA-luokan pätevyyttä.

Lahden stadionin yleisökapasiteetti on 7500 henkilöä ja pääkatsomorakennuksessa on kolme kerrosta, kukin laajuudeltaan noin 1500 h-m². Ylin kerros on ripustettu vinoilla jälkijännitetyillä betonisauvoilla levymäisistä betonipilareista. Ripustuksessa on käytetty samanlaista KA-jännemenetelmää ja saksalaista Sigma Oval -jänneterästä kuin 3.11.2012 Jyväskylässä romah-
taneessa Kangasvuoren vesitornissa. Ympäristöministeriön vuonna 2014 antaman ohjeistuksen perusteella paikallinen rakennusvalvonta totesi kohteen riskialttiiksi ja asetti sille rakenteelliseen turvallisuuteen perustuvan käyttökiellon. Jännebetonirakenteiden korjaus suoritettiin kesällä 2014 asentamalla betonisauvojen kylkiin varmistukseksi uudet teräksiset vetosauvat.

Rakennusvalvontaviranomainen asetti katsomorakennukselle käyttökiellon myös sisäilmaongelmien vuoksi. Rakennuksen kantavat betonirakenteet ovat yleisesti eristeen ulkopuolella ja tästä on aiheutunut kylmäsiltoja sekä ilmavirtauksia rakenteeseen. Myös vedeneristys oli paikoin puutteellinen. Kaikissa rakennuksen kerroksissa oli sisäilmaongelmia ja niiden korjaamisessa sovellettiin pääosin tiivistyskorjausmenetelmää sekä sisäpintojen uusimista ja eristeiden vaihtoa. Sisäilmakorjaus aloitettiin joulukuussa 2014 ja se tullaan toteuttamaan loppuun syksyyn 2015 mennessä.

Abstract

In this essay I study the duties of a principal designer in Finnish construction business according to the Finnish Land Use and Building Act. It is a case study on the complete renovation of Salpausselkä multi-use stadium in the city of Lahti, Finland. The stadium is renovated during 2014–2015 to prepare for the FIS Nordic World Ski Championships in 2017. The focus is on two project stages: reinforcement of prestressed concrete structures and air quality improvement in the main spectator stand. In addition, the objective was to improve energy efficiency and install photovoltaic capacity with 130 kWp nominal power on the roof of the spectator stand. In both the stages the requirement for structural engineers' professional qualification was set at the highest AA level.

The spectator capacity of Lahti stadium is 7500 persons and the main spectator stand has, in addition to the seating area, three floors ca. 1500 m² each. The topmost floor is suspended over the seats on post-tensioned concrete bars which are fixed to wall-like concrete columns. The suspension structure consists of KA prestressing system with German-made Sigma Oval steel wires. Following the 3.11.2012 collapse of a water tower in Jyväskylä, buildings with this particular structural system were listed as potentially hazardous by the Ministry of the Environment in 2014. The municipal building control authority in Lahti issued a usage ban on the building and the suspension structures were backed up by installing a tensioned steel system in Summer 2015.

Another usage ban was issued on the building on the basis of indoor air quality problems. The concrete structures in the spectator stand are generally located outside thermal insulation. In many cases, this has resulted in thermal bridges and convection of air in the structures. Furthermore, inadequate waterproofing was discovered in some of the building parts. Problems in the air quality were observed throughout the building. Measures taken in the following renovation consisted of sealing the structures, renewing surface materials and replacing thermal insulation. Renovations for air quality improvement were started in December 2014 and are due to finish in Autumn 2015.

Sisältö

1	Tutkimuskohde: Lahden stadion.....	1
1.1	Lähtötilanne ja aiheen rajaus.....	1
1.2	Rakennuksen arkkitehtuuri.....	3
1.3	Rakennetekniset ratkaisut.....	4
1.4	KA-jänneteräsjärjestelmien turvallisuusriskit.....	5
1.5	Sisäilmaongelmien tausta.....	6
2	Pääsuunnittelijan tehtävät hankkeessa	8
2.1	Lähtötiedot	8
2.1.1	Arkistopiirustukset.....	8
2.1.2	Sisätilojen kuntoarvio ja riskikartoitus	8
2.1.3	Sisätilojen rakennustekniset kuntotutkimukset.....	9
2.1.4	Jänneterästen röntgenkuvaus ja MIRA-ultraäänitutkimus.....	10
2.2	Jännebetonirakenteiden korjaus	10
2.3	Sisäilmakorjaus	12
2.4	Muut turvallisuutta ja käytettävyyttä parantaneet toimenpiteet	13
3	Yhteenveto	15
	Liitteet.....	18
	Lähdeluettelo	16
	Hankkeen perustiedot ja organisaatio	18
	Pääpiirustukset	19

1 Tutkimuskohde: Lahden stadion

1.1 Lähtötilanne ja aiheen rajaus

Tässä projektityössä tutkin pääsuunnittelijan tehtäväkenttää ja hankevaiheita erittäin vaativissa jännebetonirakenteiden korjauksissa sekä sisäilmakorjauksissa. Tapausesimerkkinä käyttämäni Lahden stadionin perusparannushanke on tätä työtä kirjoittaessa vielä osin kesken, joten keskityn työssä pääosin jo loppuun saatettuihin työ- ja suunnitteluvaiheisiin.

Rakennuksessa oli suoritettu laaja peruskorjaus vuonna 1998. Lahden kaupungin rakennusvalvontavirasto asetti pääkatsomorakennukselle kaksi käyttökieltoa kesällä 2014. Käyttökieltojen syinä olivat ongelmat rakennuksen sisäilmassa sekä jännebetonirakenteiden rakenteellisessa turvallisuudessa. Lahden kaupunki oli jo aiemmin todennut rakennuksen huononevan kunnan ja varautunut budjetissaan korjauksiin. Korjaushankkeen pääsuunnittelusta vastaavaksi valittiin rakennuksen alkuperäiset suunnitelmat laatinut arkkitehtitoimisto PES-Arkkitehdit Oy.

Hankkeen päämääränä oli paitsi korjata ongelmat sisäilmassa ja rakenteellisessa turvallisuudessa, myös alkaa valmistautua Lahdessa vuonna 2017 järjestettäviin hiihdon maailmanmestaruuskilpailuihin. Tavoitteena oli varmistaa se, että stadion pystyy jatkossa vastaamaan nykyaikaisen urheilukilpailu- ja harjoitustoiminnan vaatimuksiin. Voidaankin siis todeta, että määritelmällisesti kyseessä on perusparannushanke. Oman lisänsä suunnitteluun ja työmaan järjestelyihin toivat korjaushankkeen aikaiset urheilukilpailut, jotka vaihtelevassa määrin tarvitsivat tiloja käyttöönsä. Suurimpien kilpailujen ajaksi työmaa oli kilpailujärjestäjien vaatimuksesta jopa purettava, niin että sitä ei näkynyt esimerkiksi tv-lähetyksissä.



Kuva 1 Stadionin pääkatsomo ja hyppyrimäet urheilukentän suunnasta nähtynä

Turvallisuus- ja käytettävyyssnäkökulmien lisäksi hankkeessa oli vahva tavoite energiatehokkuuden parantamiseksi. Lahden tilakeskus käynnisti laajan ESCO (Energy Service Concept) -hankinnan osana Lahden kaupungin GreenCity-ohjelmaa vuonna 2011. (Tompuri, V. 2014) ESCO-hankinnassa tilaaja hakee tiettyä energiatehokkuuden tasoa, johon toteuttaja sitoutuu. Energiansäästön kokonaistavoite on sidottu Lahden kaupungin ja työ- ja elinkeinoministeriön välisellä sopimuksella vuonna 2008. Kaupungin 9 prosentin energiansäästön kokonaistavoite vuosille 2008–2016 tarkoittaa 15,99 GWh:n kokonaissäästöä. ESCO-hankkeen alaisuudessa pääkatsomossa uusitaan talotekniikkaa, kuten ilmanvaihtokoneita, ja tavoitteena on että saatavilla säästöillä kuoletetaan tehdyt investoinnit. Pääkatsomon katolle asennetaan myös aurinkosähköpaneeleita, jotka ovat huipputeholtaan yhteensä 130 kWp (kilowatt-peak).

Perusparannushanke jaettiin neljään osioon: jännebetonirakenteiden korjaukseen, sisäilmakorjaukseen, vesikaton korjaukseen ja aurinkosähköjärjestelmän asennukseen. Pääurakoitsijalle alistettuina erillisurakoitsijoina olivat teräsrakennurakoitsija ja vesikateurakoitsija. Aurinkopaneelien rakennesuunnittelusta vastasi paneelitoimittaja, kuitenkin niin että pääsuunnittelija esitti paneelien sijoitteluperiaatteet ja hyväksytti ne Lahden kaupunkikuva-neuvottelukunnassa sekä huolehti niiden teknisten vaatimusten huomioimisesta muussa suunnittelussa. Sekä jännebetonirakenteiden korjauksessa että

sisäilmakorjauksessa rakennusvalvontaviranomainen edellytti vastuullisilta rakennesuunnittelijoilta korkeinta AA-luokan pätevyyttä.

Hankesuunnitteluvaiheessa pääsuunnittelija toimitti hankkeen perustiedot ja lisäselvitykset valtionavustusten hakemista varten Etelä-Suomen aluehallintovirastolle. Hankekokonaisuus aloitettiin kesällä 2014 vesikattoa ja selostamotasoa kannattavien vetosauvojen korjauksella sekä uusimalla vesikate. Vetosauvojen korjauksen jälkeen rakennusvalvontaviranomainen kumosi rakenteelliseen turvallisuuteen liittyneen käyttökiellon. Rakenteellisen turvallisuuden varmistuttua aloitettiin sisätilojen korjaustyöt marraskuussa 2014. Sisätiloja otettiin vaiheittain käyttöön niin, että urheilukilpailuja varten oli aina käytössä välttämättömimmät pukuhuoneet ja median tarvitsemat tilat. Viimeisenä vaiheena, osin lomittain sisäkorjausten kanssa, toteutetaan aurinkosähköpaneelien asennus. Samalla suoritetaan myös ulkopuolen betonipintojen ja katsomoelementtien korjauksia.

1.2 Rakennuksen arkkitehtuuri

Lahden stadion on Lahdessa Salpausselällä sijaitseva yleisurheilu-, hiihto- ja jalkapallostadion, joka otettiin käyttöön vuonna 1978. Stadionin yleisökapasiteetti on 7465 istumapaikkaa. Stadionin pääkatsomorakennuksen ovat suunnitelleet arkkitehdit Esko Koivisto, Pekka Salminen ja rakennusarkkitehti Juhani Siivola sekä Insinööritoimisto Martti Taskinen Ky.

Salpausselän hiihtostadion on museoviraston toimesta määritelty yhdeksi Suomen valtakunnallisesti merkittävistä rakennetuista kulttuuriympäristöistä (Museovirasto. 2009), ja harjulla seisovat hyppyrimäet ovat sen mukaan yhdessä Radiomäen mastojen kanssa yksi Lahden kaupungin tunnuskuvista. Urheilukeskus ”kisamonttuineen” on merkittävä kaupunkirakenteen rajaaja, ja se sijaitsee kaupunkikuvallisesti merkittävällä akselilla kaupungin pääkadun visuaalisena jatkona. 1920-luvulla rakennetun stadionin alkuperäisistä rakennuksista on jäljellä enää arkkitehti Carolus Lindbergin suunnittelema sauna, joka siirrettiin 1970-luvulla stadionin itälaidalle.

Rakennuslehti esitteli 16.2.1978 Lahden stadionin kisakatsomon vuoden betonirakenteena. Rakennuksen ulkopinnat ovat pääosin puhtaaksi valettua betonia ja maalattua terästä sekä teräspeltiä. 150 metriä pitkän katsomon ylle on paikalla valetuista levypilareista ripustettu toimisto- ja selostamoker-

ros. Rakennuksen alimmalla, urheilukentän tasolla, sijaitsevat pukuhuoneet, kilpailutoimitsijoiden tilat sekä ensiapu- ja dopingvalvontatilat. Neljä porrastornia ja niiden väliset katsomon sisäänkäynnit muodostavat parkkipaikan puoleisen julkisivun.



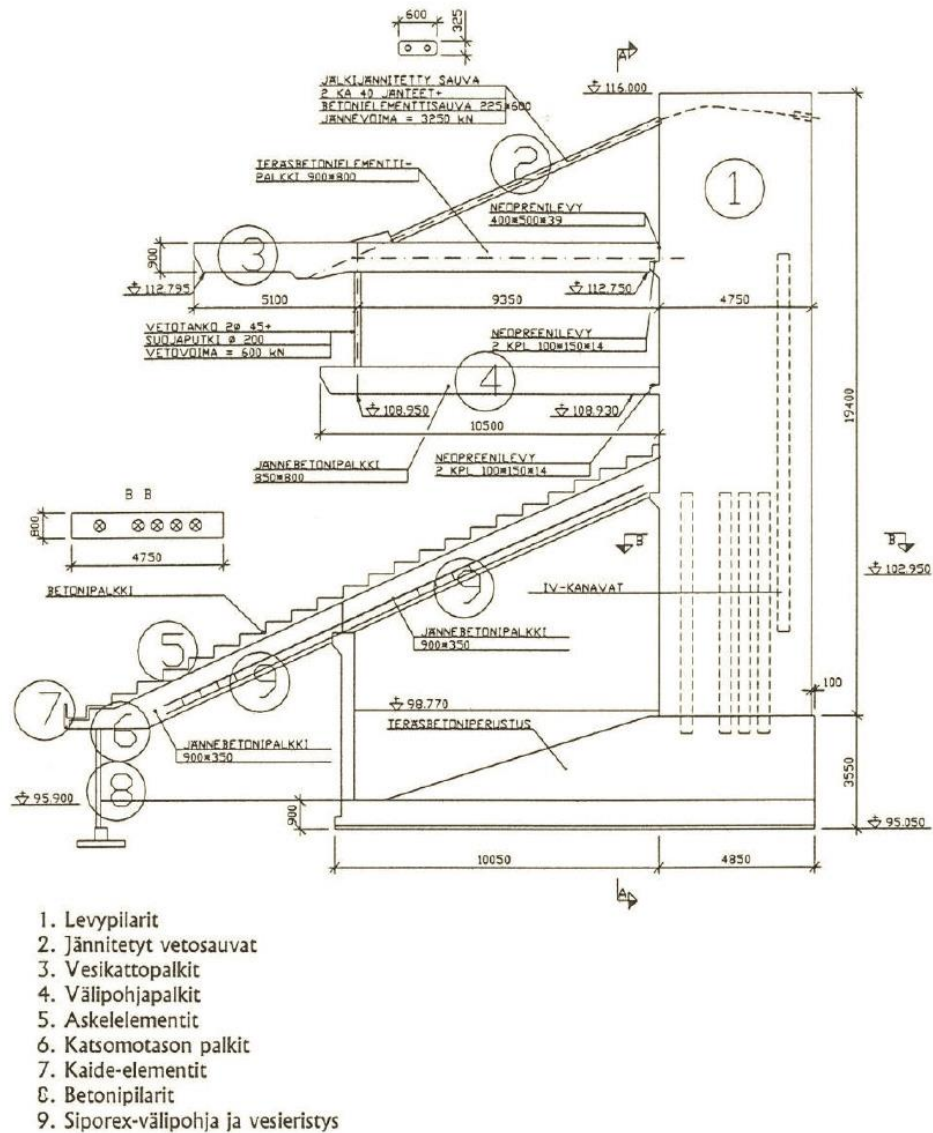
Kuva 2 Selostamotaso on ripustettu pääkatsomon ylle jännebetonirakentein

1.3 Rakennetekniset ratkaisut

Rakennuksen kantavina pystyrakenteina toimii 16 kappaletta paikalla valettuja teräsbetonisia levypilareita. Levypilareiden sisäisissä kanaaleissa sijaitsevat ylimmän kerroksen LVI- ja sähkökanavat sekä sadevesiviemärit. Levypilareiden varaan on ulokkeena kannatettu ylin kerros. Vesikaton pääkannattajat ovat teräsbetonielementtipalkkeja, jotka tukeutuvat toisesta päästään neopreenilaakereiden välityksellä levypilareiden lyhyille ulokkeille ja toisen tuen muodostavat levypilareiden yläosaan ankkuroituvat vinot jännitetyt betonielementtisauvat. Kattotasoina ovat betoniset TT-laatat, joiden alapuolella huonetiloissa on ripustettu lämmöneristys ja sisäkatto. Ylimmän tason lattian pääkannattajina ovat jännebetoniset elementtipalkit, jotka ovat toisesta päästään neopreeni-laakereiden välityksellä tuettu levypilariin ja toisesta päästään ripustettu teräksisellä vetotangolla vesikaton pääpalkeista. Lattiatasoina ovat myös TT-laatat, joiden päällä on lämmöneristys ja pintabetoni.

Jännitetyt vetosauvat ovat teräsbetonielementtejä, jotka on jälkijännitetty. Jänneteräkset on ankkuroitu passiiviankkurilla vesikattopalkkeihin ja aktiiviankkurilla levypilareihin. Elementeissä on 2 kpl halkaisijaltaan 72 mm:n suoja-putkea jänneteräksiä varten. Suoja-putket ovat kierresaumattua pelti-putkea, ja ne on täytetty injektiolaastilla terästen jännittämisen jälkeen. Yk-

sittäisten jänneterästen poikkipinta-ala on 40 mm². Yhden jänneteräsnipun muodostaa 40 kpl jänneteräksiä, jolloin nipun poikkipinta-ala on 1600 mm². Yksittäiseen jänteeeseen kohdistuva voima on 3250 kN.



Kuva 3 Pääkatsomon rakenteellinen periaate

1.4 KA-jänneteräsjärjestelmien turvallisuusriskit

Vesikaton ja ylätason ripustuksessa on käytetty samanlaista KA-jännemenetelmää ja saksalaista Sigma Oval -jänneterästä (St 145/160), kuin 3.11.2012 Jyväskylässä romahtaneessa Kangasvuoren vesitornissa. Tätä jännemenetelmää on Suomessa yleisesti käytetty ainakin vesitorneissa ja silloissa. Saman jännemenetelmän sisältänyt silta on myös aiemmin vaurioitunut purkukuntoon Turussa. Tuolloin yhdeksi epäillyistä syistä nousivat jännemenetelmän ongelmat. Jännejärjestelmän suunnittelu on tehty raken-

tamisaikana voimassa olleiden suomalaisten normien mukaan. Näitä normeja on kuitenkin uusittu useita kertoja vuoden 1976 jälkeen ja tällä hetkellä ollaan siirtymässä yhteiseurooppalaisiin normeihin.

Saksassa tehdyissä tutkimuksissa on todettu ennen vuotta 1965 valmistettuihin teräksiin jääneen valmistusvaiheessa vetyä, mikä aiheuttaa säröilyä. Vetytymurtuma on ilmiönä metallurgien tiedossa, mutta rakennusalalla sitä ei kovinkaan hyvin tunneta. Havainto kuitenkin johti valmistustekniikan muutokseen. Vuosina 1965–1978 valmistetuissa teräksissä säröilyä on havaittu juuri Sigma Oval -jänneteräksissä. Sigma Oval -jänneteräksen käyttö kiellettiin Saksassa jo vuonna 1978 ja samana vuonna sen käyttöluvut peruttiin myös Suomessa. (Rasmus, T. & Suuriniemi, S. & Valonen, K. 2013) Pääkatsomorakennuksen jännitetyt rakenteet on toteutettu vuonna 1976.

Injektiolaastilla täytetty jänneterästen suojaputki on nykyisin todettu ongelmalliseksi rakenteeksi. Suunnittelussa on aikaisemmin virheellisesti luotettu siihen, että betonikuori ja suojaputki injektointeineen riittäisivät suojaamaan jännteitä rakennuksen elinkaaren ajan. Jänneteräkset ovat kuitenkin suojaputkissa niin tiiviisti, että massan saaminen tankojen väliin on lähes mahdotonta. Myös suojaputken täyttötyön onnistumisen todentaminen työn aikana tai jälkikäteen on vielä nykytekniikallakin hankalaa.

Ympäristöministeriö listasi keväällä 2014 Jyväskylän vesitornin sortumiseen johtaneen KA-jännemenetelmän mahdollisia käyttökohteita Suomessa. Listalla on yksitoista yhä käytössä olevaa rakennusta, joissa on mahdollisesti käytetty riskialtista jänneterästä. Tieto riskikohteista lähti huhtikuussa elykeskusten kautta kuntien rakennusvalvontoihin. (Aatsalo, J. 2015)

1.5 Sisäilmaongelmien tausta

Pääkatsomon rakenteellisena perusratkaisuna on järjestelmä, jossa kantavat betonirakenteet ovat ulkoilmassa, eristeen kylmällä puolella. Perusratkaisusta johtuen rakenteissa esiintyi useita nykytiedon pohjalta rakennusfysikaalisesti riskialttiita ratkaisuja kuten kylmäsiltoja, rakenteiden sisäistä konvektiota ja puutteellista tuuletusta. Ilmavirtausten ja puutteellisen lämmöneristyksen seurauksena rakenteisiin muodostui kylmiä pintoja, joihin sisäilman kosteus voi tiivistyä. Ulkovaipan ulko- ja sisäpinnat olivat myös usein epätiivittä, jolloin eristetilasta pääsi kulkeutumaan epäpuhtauksia sisäilmaan.

Pääkatsomorakennuksen kenttätasolla ulkoseinän alaosassa oli havaittu kosteus- ja mikrobivaurioita. Nämä johtuivat pääosin puutteellisesta ulkopuolisesta vedeneristyksestä sekä sadevesien poisjohtamisesta. Vuonna 1998 suoritetussa peruskorjauksessa oli jo korjattu vedeneristys katsomorakenteiden alaisesta pukuhuonetilojen yläpohjasta. Viemäreiden tarkastusluukkujen sekä maanvaraisen laatan liikuntasaumojen kautta kulkeutui epäpuhtauksia sisäilmaan. Maanvastaisissa seinissä maaperän kosteus pääsi haihtumaan pinnoittamattoman betonirakenteen läpi sisäilmaan.

Juoksuratatasolla yläpohjan ja maanvastaisen seinän mineraalivillaeristeissä havaittiin paikoitellen kosteus- ja mikrobivaurioita. Yläpohjan lämmöneristeet olivat päässeet kastumaan puuttuneen vedeneristeen vuoksi jo ennen vuoden 1998 peruskorjausta. Pintarakenteet olivat pääosin rikkoutuneet, minkä seurauksena eristeistä kulkeutui mikrobiperäisten epäpuhtauksien lisäksi sisäilmaan myös teollisia mineraalikuituja.

Porrashuoneissa lepotasojen alle jätetyt rakennusaikaiset muottilaudoitukset sekä maanvastaisessa seinässä esiintyvät kosteus- ja mikrobivauriot aiheuttivat ummehtunutta hajua porrashuoneen sisäilmaan. Ilmastoinnin epätasapainosta johtuvien paine-erojen seurauksena hajut ja epäpuhtaudet leviävät alemmista kerroksista ajoittain ylimpään kerrokseen asti.

Toimistotason betonisten ulkoseinärakenteiden lämmöneristyksessä ja höyrynsulussa sekä teräsrunkarakenteisen ulkoseinän höyrynsulurakenteissa havaittiin myös puutteita. Betonirakenteiden, kuten TT-laattojen ja levypilareiden sekä leukapalkkien liitoskohtien kautta havaittiin runsaasti ilmavuotoja lattia- ja seinärakenteisiin ja edelleen sisäilmaan. Myös yläpohjarakenteen höyrynsulku ja tuuletus toimistotasolla oli monin paikoin puutteellinen ja mineraalivillaeristeissä havaittiin kosteuden aiheuttamia jälkiä. Lämmin sisäilma oli päässyt höyrynsulussa olevien aukkojen ja epäjatkuvuuskohtien kautta yläpohjan ilmatilaan, jolloin todennäköisesti kosteutta tiivistyi kylmille betonipinnoille.

Rakennuksessa esiintyi myös rakentamisajankohdalle tyypillisiä asbestia sisältäviä rakennustuotteita. Kenttä- ja juoksuratatasolla olevien lämpöjohtojen asbestia sisältävät eristepinnat olivat paikoin rikkoutuneet, jolloin sisäilmaan pääsi irtoamaan asbestikuituja. Lujalevy-tyyppiset sisäverhouslevyt porrashuoneissa sisälsivät asbestia. (Rantala, M. 1992) Suuri osa asbestia sisältäneistä rakenteista oli jo korjattu vuoden 1998 peruskorjauksessa.

2 Pääsuunnittelijan tehtävät hankkeessa

2.1 Lähtötiedot

Täyttääkseen maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL) asetetut vastuunsa ja velvoitteensa on pääsuunnittelijan syytä huolehtia, että suunnittelijoilla on käytettävissään suunnittelutehtävässään tarvitsemansa lähtötiedot. Tarvittavien tutkimusten ja selvitysten hankkimisesta vastaa tilaaja. Varsinkin korjausrakentamisessa uutta tietoa kohteesta saadaan usein vielä työmaan aikanaikin ja tämän muuttuvan lähtötiedon vaikutukset on vietävä suunnitelmiin. On kuitenkin tärkeää pyrkiä hahmottamaan jo suunnittelun alussa, mitä mahdollisia lisätutkimuksia tarvitaan. Lahden stadionin pääkatsomosta oli jo korjaushankkeen alussa runsaasti lähtötietoa käytettävissä. Seuraavaksi käydään läpi tärkeimmiksi osoittautuneet lähtötiedot.

2.1.1 Arkistopiirustukset

Pääsuunnittelusta vastaavalla arkkitehdilla olivat arkistoituina sekä vuoden 1978 alkuperäispiirustukset paperilla ja piirustusmuovilla että vuoden 1998 peruskorjauksen suunnitelmat sähköisessä muodossa. Peruskorjauksen suunnittelutiedostoja pystyttiin suurelta osin hyödyntämään lähes sellaisinaan uusien suunnitelmien viitekuvina, sillä toimistolla oli valmius käyttää samaa CAD-piirustusjärjestelmää kuin edellä mainituissa tiedostoissa oli käytetty. Jännebetonirakenteiden ja vesikaton korjauksen suunnittelua varten arkkitehti ja rakennesuunnittelija hankkivat rakennusvalvonnasta käyttöönsä alkuperäiset vuoden 1978 rakennepiirustukset.

2.1.2 Sisätilojen kuntoarvio ja riskikartoitus

Kuntoarvion päämääränä on tuottaa puolueeton tilannekuva kiinteistöstä ja tuoda esiin asioiden tärkeysjärjestys. Ensisijaisia ovat turvallisuuden ja terveellisuuden vaikuttavat tekijät. Seuraavaksi tärkeimpiä ovat korjauskus-

tannuksiltaan merkittävimpien rakennusosien vauriot sekä pahentuessaan merkittäviä vahinko- ja turvallisuusriskejä aiheuttavat vauriot. (Reinikainen, E. & Salmikivi, T. 1998)

Kuntoarviossa kiinteistön tilojen, rakennusosien, taloteknisten järjestelmien ja ulkoalueiden kuntoa selvitettiin aistinvaraisesti ja korjaustarpeet arvioitiin yleispiirteisesti sekä raportoitiin. Kuntoarviossa tarkasteltiin myös sisäolosuhteita ja energiataloutta sekä tehtiin niihin liittyviä korjausehdotuksia.

Sisäilmakonsultti ja rakennesuunnittelija suorittivat kohteesta riskiarvion. Riskiarviolla selvitettiin ne rakenteet ja ongelma-alueet, joihin jatkotutkimuksissa kiinnitettiin erityistä huomiota. Riskiarvio perustui kohteessa tehtyihin havaintoihin ja asiakirjoista saatuihin tietoihin, joiden perusteella arvioitiin rakenteiden kosteusteknistä toimivuutta sekä yksityiskohtia, joihin kokemuksen mukaan liittyy kosteus- ja mikrobivaurioriski.

2.1.3 Sisätilojen rakennustekniset kuntotutkimukset

Kuntotutkimusten tarkoituksena on korjaustarpeiden täsmentäminen rakennuksen osa-alueita ja kiinteistön laitejärjestelmiä yksityiskohtaisesti tutkimalla, käyttäen apuna rakenteiden koestusta, näytteiden ottoa ja mittauksia. Tutkimukset voidaan jakaa pintoja rikkomattomiin ja pintoja rikkoviin menetelmiin. (Reinikainen, E. & Salmikivi, T. 1998)

Kuntotutkimuksella selvitettiin urheilukeskuksen pääkatsomon sisäpuolisten rakenteiden kuntoa ja sisäilmaan vaikuttavia tekijöitä tulevaa korjaushanketta varten. Pääkatsomorakennuksessa suoritettiin aistinvaraisten havaintojen tueksi lämpökamerakuvauksia, kosteusmittauksia, rakenteiden avauksia ja lisäksi otettiin materiaalinäytteitä haitta-aine- ja mikrobianalyysyä varten. Tarkempia rakennetutkimuksia kohdennettiin riskiarvion perusteella määritettyihin riskirakenteisiin. Insinööritoimiston toimesta tehtiin jännitettyjen rakenteiden, ulkobetonirakenteiden ja vesikaton kuntotutkimus. Kaikkiin maanvastaisiin seinä ja alapohjarakenteisiin tehtiin pintakosteuskartoitus. Rakennekosteusmittauksia tehtiin alapohjarakenteesta noin 50 ja maanvastaisista seinärakenteista noin 70 kappaletta. Rakenneavauksia tehtiin noin 20 kappaletta ja materiaalinäytteitä mikrobianalyysiä varten otettiin 28 kappaletta. Materiaaleista, joiden epäiltiin sisältävän haitta-aineita, otettiin materiaalinäytteitä laboratoriotutkimusta varten. Näytteitä ottamalla selvitettiin

myös toimistotason sisäilmassa esiintyviä teollisia mineraalikuituja. Lisäksi mitattiin tilojen välisiä painesuhteita pistokoeluoontoisesti. (Hahl, M. & Liimatainen, J. & Valkeinen, R. 2014)

2.1.4 Jänneterästen röntgenkuvaus ja ultraäänitomografia

Pääkatsomorakennuksen vesikatolla sijaitsevan jännitetyn betonielementtisauvan koekuvaukset röntgenkuvaustekniikalla toteutettiin VTT Expert Services Oy:n toimesta. Tehdyllä koekuvauksella ei voitu selvittää luotettavasti jänneterästen mahdollisia korroosiovaurioita tai suojaputkien injektoinnin onnistumista. Ultraäänitutkimukset toteutettiin Inspecta Oy toimesta kahden jännitetyn vetosauvan sekä levypilareiden alueilla MIRA-laitteella. Tutkimustulosten perusteella injektoinneista löytyi puutteita sekä vetosauvojen että levypilareiden osuuksilla, varsinkin niiden välisten liitosten alueilla. Jänneterästen tai passiivi- ja aktiiviankkureiden mahdollisia korroosiovaurioita ei voitu tutkimuksella selvittää.

2.2 Jännebetonirakenteiden korjaus

Betonin vaurioituminen ei aiheuttanut rakennuksessa suoraan välitöntä rakenneteknistä riskiä. Sen sijaan betonin rapautumisen seurauksena olisi mahdollinen jänneterästen vaurioituminen korroosiosta. Henkilöturvallisuuden kannalta suurimman rakenneteknisen riskin aiheutti vesikaton rakenteissa käytetty jänneteräs. Tehtyjen tutkimusten valossa Suomessa ei kuitenkaan ole käytössä riittävän luotettavia ainetta rikkomattomia laitteita ja menetelmiä valmiiden rakenteiden jänneterästen korroosion määrittämiseksi. Tästä syystä rakennesuunnittelija ehdotti pääkatsomorakennuksen vesikaton jännitettyjen rakenteiden vahvistamista.

Rakennesuunnittelija työsti korjaussuunnitelman tiiviissä yhteistyössä pääsuunnittelijan kanssa. Rakennuksen arkkitehtoninen ja rakennustekninen pääajatus huomioiden uutena rakenteena päätettiin käyttää myös jännitettyä rakennetta. Suunnittelun edetessä todettiin että uuden rakenteen tulee toimia vain varmistuksena, niin että normaalitilanteessa rakenteeseen ei kohdistu voimia. Uusi rakenne ei myöskään saanut aiheuttaa olemassa olevaan rakennejärjestelmään oleellisia voimatasapainon muutoksia.

Useiden vaihtoehtojen jälkeen ratkaisuksi valittiin uusien teräksisten vetotankojen asentaminen vanhojen betonielementtisauvojen yhteyteen. Lattateräksestä

konepajalla hitsatut rakenteet koostuvat kahdesta osasta, jotka liitettiin työmaalla yhteen pultiliitoksien avulla. Korjaussuunnitelmien kolmannen osapuolen tarkastuksen suoritti emeritusprofessori Ralf Lindberg Tampereen teknillisestä yliopistosta. Hankkeeseen kiinnitettiin mukaan hitsauskoordinaattori, jonka tehtävänä oli toimia vastuullisena hitsaustyön koordinoijana, sekä huolehtia siitä, että teräsrakenteiden suunnittelussa, tilaamisessa, valmistuksessa ja asennuksessa toimittiin standardien ja säädösten mukaisesti. Myös urakoitsijan valinnassa korostui korkea laatu, johon pyrittiin SFS-EN 1090 standardin EXC3 toteutusluokan mukaan. Vaatimuksen taustalla oli SFS-EN 1990 standardin mukainen seuraamusluokka CC3, jossa on onnettomuuden sattuessa suuret seuraamukset esimerkiksi hengenmenetysten takia. (Koistinen, T. 2014)



Kuva 4 Jännebetonisauvoja varmistavat teräsrakenteet asennettuina paikoilleen

2.3 Sisäilmakorjaus

Sisäilmakorjauksen suunnittelun käynnistyessä hankkeeseen kiinnitettiin mukaan erillinen konsultti kyseisestä korjauksesta vastaavaksi rakennesuunnittelijaksi. Suunnittelijalla ja hänen taustaorganisaatiollaan oli laaja kokemus nimenomaisesti sisäilmaongelmiin liittyvistä korjaushankkeista. Suunnittelun yhteydessä kartoitettiin myös käyttäjätarpeita, jotka tilaajan valintojen mukaisesti pyrittiin huomioimaan suunnitteluratkaisuissa. Työmaa-aikainen valvonta ja mallisuoritteet ovat sisäilmakorjauksessa tärkeässä roolissa. Yksittäisetkin puutteet toteutuksessa tai suunnittelussa, kuten ilmapuotokohdat, voivat aiheuttaa sisäilmaongelmiin viittaavia oireita, mikäli rakenteiden läpi pääsee kulkeutumaan epäpuhtauksia sisätiloihin. (Tahvonen, T. 2014)

Pääasiallisesti sisätiloissa käytettiin tiivistyskorjausmenetelmää, jossa rakenteiden väliset liittymät tiivistetään ulkoilmasta ja maaperästä tapahtuvien ilmapuotojen poistamiseksi vedeneristeellä ja vahvistusnauhalla. Tiivistyskorjaus tehtiin myös kaikkiin läpivienteihin, liikuntasaumoihin ja halkeamiin. Tiivistysten lisäksi vaihdettiin vaurioituneet eristeet ja korjattiin rakenteet höyrynsulullisiksi ja tuulettuviksi. Myös ilmanvaihto säädettiin alipaineiseksi toimistotiloihin nähden.

Toimistotasolla liittymien tiivistämiseksi lattiapinnoitetta poistettiin noin 150 mm leveydeltä seinien ja liikuntasauvojen ympärillä. Tiivistyskorjauksen toteuttamiseksi purettiin myös koteloiden osia ja tiivistettäviin pintoihin liittyviä väliseiniä noin 0,5 m matkalta tiivistyskorjauksen vierellä. Vaurioituneet yläpohjan lämmöneristeet vaihdettiin koko kerroksessa ja rakennettiin höyrynsulku ja tuuletusrako. Lisäksi kaikkien toimistotason lävistävien levypilareiden lämmöneristeet vaihdettiin ja rakennettiin höyrynsulku ja tuuletusrako.

Jotta kenttätason alapohjarakenne toimisi kosteusteknisesti oikein, vaihdettiin lattiapinnoite muovimatosta hyvin vesihöyryä läpäiseväksi keraamiseksi laataksi. Vanhan pinnoitteen kiinnittämiseen käytetyt liimat ja tasoitteet sisälsivät joillakin alueilla asbestia, joka poistettiin jyrsimällä ennen pinnoitustyötä. Kosteusrasitus oli aiheuttanut lattianpäällysteen tai kiinnitysliiman kemiallisia hajoamisreaktioita, joiden seurauksena betoniin oli imeytynyt myös VOC-yhdisteitä. (Tahvonen, T. 2014) VOC-yhdisteillä kontaminoituneet betonipinnat kapseloitiin epoksikäsittelyllä.

Kenttä- ja juoksuratatasojen yläpohjan Siporex-laataston ja betonipalkkien alapuoliset pintarakenteet purettiin ja pinnat puhdistettiin. Siporex-laatan sisäpintaa ei voitu sitoa kapselointiaineilla rakenteen kuivumisen estymisen vuoksi, joten mekaanisen puhdistuksen jälkeen pinnat hajunpoistokäsiteltiin vetyperoksidilla. Lämmöneristyksen lisääminen yläpohjaan Siporex-laataston sisäpuolelle todettiin ongelmalliseksi laataston pakkasrapautumisriskin vuoksi. Korjausmenetelmäksi valittiin rakenteen säilyttäminen ennallaan ja yläpohjan verhoaminen ohuella lämpöä eristävällä akustointilevyllä.

Havaintojen perusteella maanvastaiset seinärakenteet olivat toimineet kohtuullisesti. Vaikka kosteustekninen toiminta on ollut puutteellista, vaurioita esiintyi vain paikallisesti. Suurimman kosteusteknisen riskin muodostivat sisäpuoliset lämmöneristeet, jotka mahdollistivat kosteuden tiivistymisen lämmöneristeen ja betonin rajapintaan. Seinien oikeaoppinen vedeneristäminen oli käytännössä mahdotonta, sillä se olisi edellyttänyt kaivutöitä rakennuksen sisällä ja ylisuuria kaivantoja ulkona. Maanvastaisten seinien yläosiin asennettiin veden- ja lämmöneristeet noin kahden metrin syvyyteen saakka. Muutoin korjausmenetelmäksi valittiin seinäpinnoitteiden sisäpuolinen hionta ja pinnoittaminen vesihöyryä läpäisevillä ja kosteutta kestäville pinnoitteilla. Tällä varmistettiin rakenteen kuivuminen sisälle päin.

2.4 Muut turvallisuutta ja käytettävyyttä parantaneet toimenpiteet

Perusparannushankkeen suunnitteluratkaisuja pohtiessa on hyvä ottaa huomioon vaihtoehtoiset ratkaisut, joiden avulla välttämättömiin korjaustoimenpiteisiin voidaan saada lisäarvoa tuottavia ominaisuuksia. Tällaisia lisähyötyjä voivat olla vaikkapa energiatehokkuuden parantaminen, käyttömukavuuden lisääminen tai rakennusosan kestoajan kasvattaminen. Pääkatsomon perusparannuksen suunnittelussa pyrittiin mahdollisuuksien mukaan huomioimaan tällaiset vaihtoehdot, jonka jälkeen tilaaja linjasi niistä toteutukseen menevät ratkaisut.

Toimistotason ulospäin kallistetut ulkoikkunat uusittiin turvallisuus- ja energiatehokkuusnäkökulmat huomioiden. Lämpökatkottomaan teräsrakenteeseen kiinnitetty vanhat ikkunat olivat tavallista float-lasia, joka särkyessään olisi voinut aiheuttaa vaaratilanteen katsomossa. Ikkunat päätettiin vaihtaa vanhaan teräsrunkoon kiinnitettäviin kaksinkertaisiin lämpölaseihin, joissa sisempi lasi on karkaistu, ja siten iskunkestävämpi. Uloin lasi on laminoitu, jolloin se rikkoutuessaan jää laminointikalvon varaan, eikä aiheuta vaaraa alla oleville kat-

sojille. Rakennuksen paloturvallisuutta parannettiin asentamalla juoksuharjoittelutilan yläikkunoihin sähköisesti avattavia savunpoistoikkunoita. Kaikki osastojen väliset palokatkot toteutettiin palokatkosuunnitelmien mukaisesti.



Kuva 5 Yksi pääkatsomon neljästä porrashuoneesta ja selostamotason pääty

Pääkatsomorakennuksen ylimmässä kerroksessa sijaitsevat Yleisradion (YLE) tekniset tilat ja selostamot olivat varsinkin hankkeen sähkösuunnittelun kannalta haasteellisimpia. Asennuslattian alle oli vuosien saatossa kertynyt huomattava määrä merkitsemättömiä kaapeleita, joista osan kuitenkin tuli pysyä toimintakelpoisina työmaan ajan. Myös alakattojen yläpuolisille sähköhylyille asennettuja kaapeleita täytyi suojata ja kannatella väliaikaisilla menetelmillä, kun alakatot ja eristeet uusittiin.

Juoksuharjoittelutilan kulunut ratapinnoite päätettiin uusita tiivistyskorjausten yhteydessä. Pinnoitepaksuudet ja ratamerkinnot toteutettiin IAAF:n (International Association of Athletics Federations) ohjeistuksen mukaisesti niin, että ne harjoittelun osalta täyttävät yleisurheilun kansainväliset säännöt. Ratapinnoitteen alusrakenteen todettiin koostuvan asfalttikonkreetista, mistä syystä ratapinnoitteen tuli toimia kapseloivana rakenteena. Myös juoksuharjoittelutilan ja pukuhuoneiden muut aiemmat pintamateriaalit olivat olleet kovan kulutuksen alaisina, ja varsinkin villaeristelevyjen pinnat olivat kauttaaltaan rikkiäisiä. Uusien pintamateriaalien valinnassa kiinnitettiin kosteusteknisen toimivuuden lisäksi huomiota erityisesti akustisiin ominaisuuksiin sekä iskunkestoon.

3 Yhteenveto

Olen tutkinut tässä projektityössäni pääsuunnittelijan tehtäväkenttää ja hankevaiheita, käyttämällä esimerkkitapauksena Lahden stadionin pääkatsomorakennuksen perusparannushanketta. Hanke oli jaettu neljään osaan: jännebetonirakenteiden korjaukseen, sisäilmakorjaukseen, vesikaton korjaukseen ja aurinkosähkön asennukseen. Näistä osatehtävistä keskityin kirjoittamisvaiheessa jo pääosin valmistuneisiin jännebetonirakenteiden korjaukseen sekä sisäilmakorjaukseen. Eri hankevaiheissa esiin nousivat seuraavat erityiset pääsuunnittelijan tehtäviin vaikuttavat seikat:

Taulukko 1 Pääsuunnittelijan tehtäväkenttä jännebetonikorjauksessa

JÄNNEBETONIKORJAUS	
LÄHTÖTILANNE	<ul style="list-style-type: none">- käyttökielto rakenteelliseen turvallisuuteen liittyen- aiemmin tapahtunut vastaavan rakenteen romahtamisonnettomuus- jännebetonin kuntotutkimusmenetelmien puute- ei aikaisempia vastaavien rakenteiden korjauksia Suomessa
HANKESUUNNITTELU	<ul style="list-style-type: none">- rakenteellinen turvallisuus tuli varmistaa ennen muita korjauksia- työmaa-aikaisiin urheilukilpailuihin varautuminen- hanketietojen toimittaminen valtionavustusten hakua varten- jännebetonikorjauksen vaikutus aurinkosähkön asennukseen katolle
LUONNOSSUUNNITTELU	<ul style="list-style-type: none">- jännitetyn rakenteen arkkitehtuurin säilyttäminen- korjataanko oleva jännebetoni vai asennetaanko varmistava rakenne
TOTEUTUSSUUNNITTELU	<ul style="list-style-type: none">- rakenteiden pienet mittatoleranssit ja yhteensovitus- kolmannen osapuolen lausunnot rakenteista rakennuslupaa varten- eurostandardit ja CE-merkintävaatimukset teräskokoonpanolissa- AA-luokan (erittäin vaativa) vaatimustaso rakennussuunnittelussa
TYÖMAA JA KÄYTTÖÖNOTTO	<ul style="list-style-type: none">- käyttökiellon purku- osittaiset käyttöönotot urheilukilpailuiden aikana

Jännebetonirakenteiden korjauksen suunnitteluvaiheessa korostui rakennusfysiikka ja insinöörisuunnittelun laskennallinen puoli. Arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan yhteistyöllä pyrittiin olevaa rakenneratkaisua kunnioitta-

vaan, mutta toimintavarmaan korjausratkaisuun. Suunnittelutehtävästä poikkeuksellisen tekivät pääkatsomon jännebetonirakenteisiin kohdistuvat suuret voimat, jollaisia esiintyy lähinnä siltarakenteissa, sekä valtakunnantasolla puuttuva laitteisto, jolla kyseisenlaisten rakenteiden kunto voitaisiin luotettavasti tutkia.

Taulukko 2 Pääsuunnittelijan tehtäväkenttä sisäilmakorjauksessa

SISÄILMAKORJAUS	
LÄHTÖTILANNE	<ul style="list-style-type: none">- käyttökielto sisäilman terveellisyyteen liittyen- alempien kerrosten laiminlyödyt ylläpitokorjaukset- nykysuosituksista huomattavasti poikkeavat betonirakenteet- kylmäsiltojen runsas esiintyminen rakenteissa
HANKESUUNNITTELU	<ul style="list-style-type: none">- työmaa-aikaisiin urheilukilpailuihin varautuminen- hanketietojen toimittaminen valtionavustusten hakua varten- erillisen sisäilmakorjauksesta vastaavan rakennesuunnittelijan käyttö- hiihdon MM-kilpailuihin 2017 varautuminen suunnitelmissa
LUONNOSSUUNNITTELU	<ul style="list-style-type: none">- meneillään olleiden jännebetoni- ja vesikattokorjausten vaikutukset- lukuisten eri urheiluseurojen käyttäjätarpeiden huomiointi- urheilutoimintojen vaatimukset mm. pinnoitteissa
TOTEUTUSSUUNNITTELU	<ul style="list-style-type: none">- kohteessa esiintyvien erilaisten rakenteiden liittymäkohtien kartoitus- jännebetoni- ja sisäilmakorjausten rakenteiden suunnittelurajat- olevan talotekniikan säästäminen sisäkorjausten yhteydessä- AA-luokan (erittäin vaativa) vaatimustaso rakennussuunnittelussa
TYÖMAA JA KÄYTTÖÖNOTTO	<ul style="list-style-type: none">- käyttökiellon purku- osittaiset käyttöönotot urheilukilpailuiden aikana- työmaa-aikana todetut VOC-kontaminaatiot- työmaa-aikana tehty päätös selostamotason lasiseiniä uusimisesta

Korjausrakentamisessa yleensä ja varsinkin sisäilmakorjauksessa korostuvat työmaa-aikasten havaintojen tekeminen ja niihin reagoiminen. Erillisen sisäilmakorjauksesta vastaavan suunnittelijan käyttö tuo havaintojen mukaan lähtötietojen hankintaan ja korjaussuunnitteluun varmuutta ja kattavuutta. Huolellisesti suunnitellut ja ohjeistetut toimenpiteet täytyy myös työmaalla toteuttaa järjestelmällisesti, jotta tavoiteltuun hyvään lopputulokseen päästään.

Organisaatiotasolla havainnoissa korostui erityisesti pitkän ja monivaiheisen hankkeen vaatima tehtäväjaon selkeys ja riittävä henkilöstöresursointi eri hankevaiheiden aikana. Suunnittelutoiminta ja työmaajärjestelyt poikkesivat hankevaiheiden välillä huomattavasti. Hankkeen palasteluun ja työmaajärjestelyihin vaikuttivat erityisen paljon yleisötapaukset. Urheilukilpailuiden järjestämisen täytyi olla mahdollista myös korjausten ollessa täydessä käynnissä – turvallisuus, toimivuus ja urheiluelämykset yhteen sovittaen.

Lähdeluettelo

KIRJALLISET

Aatsalo, J. Lahdessa uusittiin katsomon kantavat rakenteet. Rakennuslehti, Teema: vaativat rakenteet. Nro. 49:12, 27.3.2015. s. 12-13. ISSN 0033-9121

Hahl, M. & Liimatainen, J. & Valkeinen, R. Sisätilojen rakennustekninen kuntotutkimus. Urheilukeskus, pääkatsomo. Lahti. Sisäilmatalo Kärki Oy. 2014. 35 s. Rakennustekninen asiakirja

Koistinen, T. Lahden urheilukeskuksen pääkatsomorakennus. Vesikaton kantavat rakenteet. Kuntotutkimus. Lahti. Insinööritoimisto TJ Koistinen Oy. 2014. 11 s. Rakennustekninen asiakirja

Museovirasto. Valtakunnallisesti merkittävät rakennetut kulttuuriympäristöt. Museoviraston inventointi RKY 2009. [Tietokanta]. Lahti, Päijät-Häme, Salpausselän hiihtostadion. [Viitattu 25.4.2015]. Saatavissa: www.rky.fi/read/asp/r_kohde_det.aspx?KOHDE_ID=1902

Rantala, M. Täydentänyt: Tumanto, S. Asbestikartoitus: Lahden urheilukeskus, pääkatsomorakennus. Lahti. Lahden tekninen virasto. 1992, täyd. 2014. 14 s. Rakennustekninen asiakirja

Rasmus, T. & Suuriniemi, S. & Valonen, K. Vesitornin sortuminen Jyväskylässä 3.11.2012. Helsinki. Onnettomuustutkintakeskus. 2013. Tutkintaselostus 13/2013. ISSN 2341-5991

Reinikainen, E. & Salmikivi, T. Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio. Helsinki. Ympäristöministeriö. 1998. 135 s. Suomen ympäristö -sarja 207. ISSN 1238-7312

Tahvonen, T. Tarkastanut: Turunen, T. Lahden urheilukeskuksen pääkatsomo. Selvitys sisäilmakorjausten vaihtoehtoista. Jyväskylä. Ramboll Finland Oy. 2014. 7 s. Rakennustekninen asiakirja

Tompuri, V. Lahden kisakatsomo oli talvella romahdusvaarassa. Rakennuslehti, Teema: rakennustekniikka. Nro. 48:13, 11.4.2014. s. 9. ISSN 0033-9121

KUVALÄHTEET

Kuva 1 © Janne Karvinen 2012

Kuva 2 © Wikimedia Commons author Juhm 2012

Kuva 3 © Toivo Koistinen 2014

Kuva 4 © Ville Ylönen 2014

Kuva 5 © Tapani Olkku 2002

Liitteet

Hankkeen perustiedot ja organisaatio

Rakennusvuosi: 1976-77

Peruskorjausvuosi: 1997-98

Kerrosluku: 3

Pinta-ala: 6000 kerros-m²

Yleisökapasiteetti: pääkatsomo 4750 hlö, aurinkokatsomo 2715 hlö

Hankebudjetti: 6 M€

Rakennuttaja:

projektipäällikkö Hannu Toukola, Lahden kaupunki

Pääsuunnittelija:

arkkitehti Tuomas Silvennoinen, PES-Arkkitehdit Oy

Projektiarkkitehti:

arkkitehti Ville Ylönen, PES-Arkkitehdit Oy

Rakennesuunnittelija, jännebetonirakenteiden korjaus:

tekn. lis. Toivo Koistinen, Insinööritoimisto TJ Koistinen Oy

Suunnitelmien tarkastus, jännebetonirakenteiden korjaus:

prof. Ralf Lindberg, Tampereen teknillinen yliopisto

Hitsauskoordinaattori, jännebetonirakenteiden korjaus:

hitsausinsinööri Heikki Mäkeläinen, Amiedu

Rakennesuunnittelija, sisäilmakorjaus:

rak. ins. Tuomas Tahvonen, Ramboll Finland Oy

Suunnitelmien tarkastus, sisäilmakorjaus:

tekn. lis. Timo Turunen, Ramboll Finland Oy

Urakoitsija, jännebetonirakenteiden korjaus:

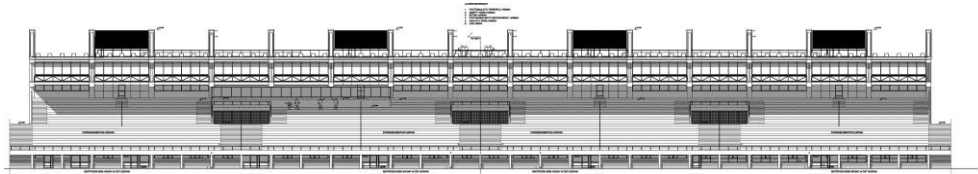
Stemet Oy

Urakoitsija, sisäilmakorjaus:

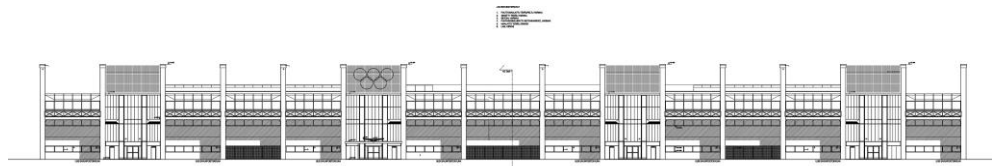
Skanska Finland Oy

Pääpiirustukset

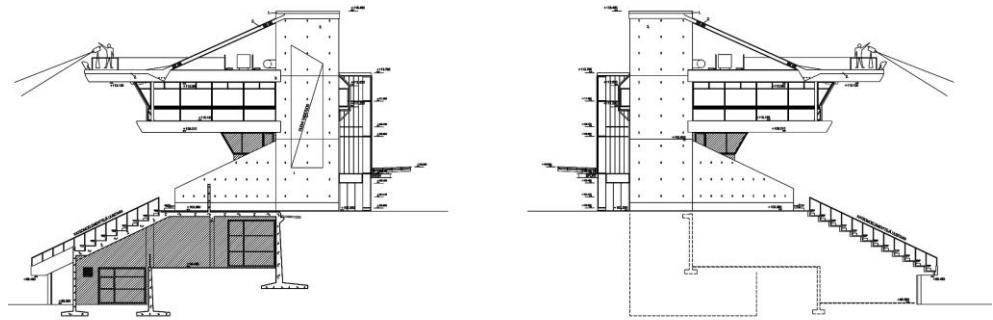
© PES-Arkkitehdit Oy 2014



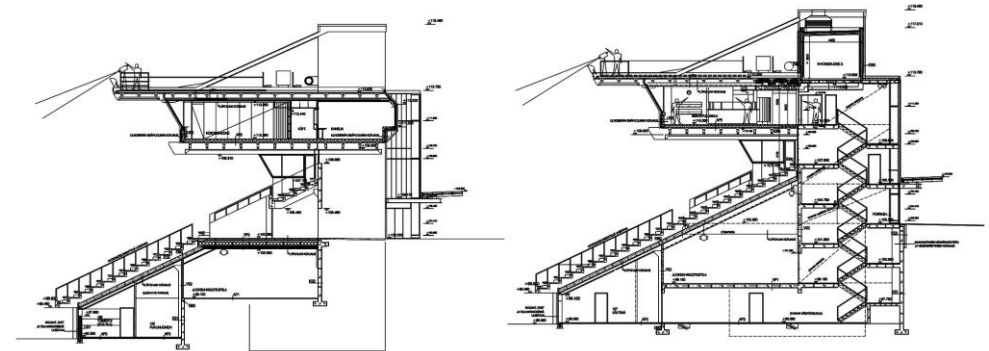
Julkisivu länteen



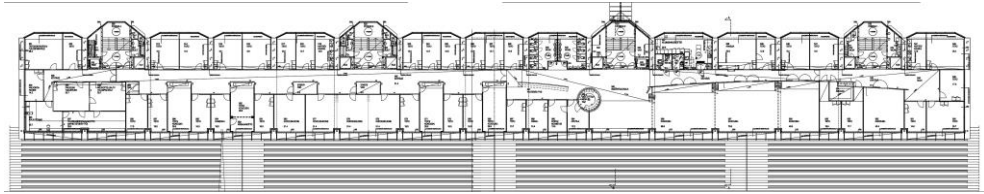
Julkisivu itään



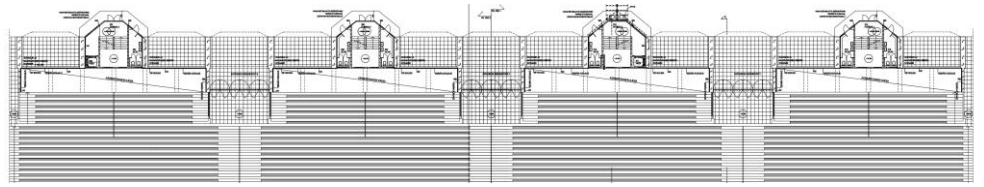
Julkisivut etelään ja pohjoiseen



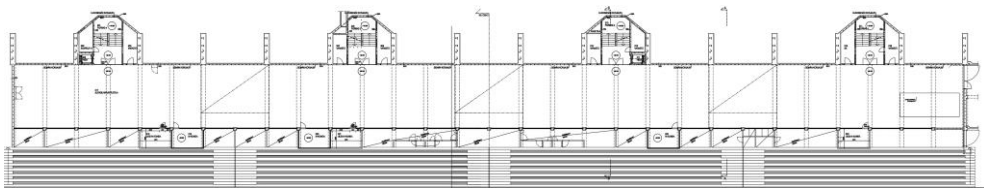
Leikkaukset A-A ja B-B



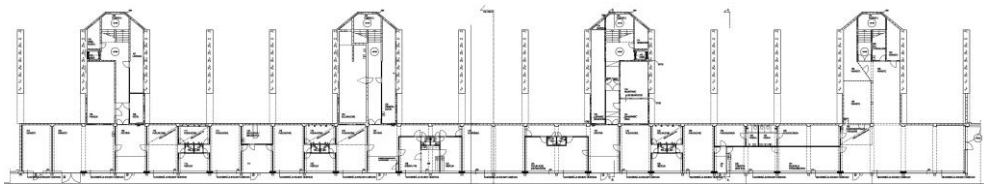
Pohjapiirustus, selostamotaso



Pohjapiirustus, pääkatsomotaso



Pohjapiirustus, juoksuratataso



Pohjapiirustus, kenttätaso