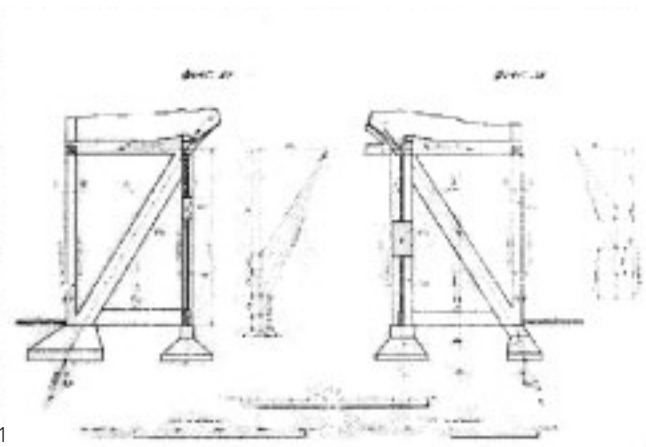


RAKENNUSHISTORIALLISTA ARVOKKAAT VESILENTOKONEHANGAARIT KORJATTIIN MUSEOKÄYTTÖÖN

– Viron teräsbetoniylpeys pelastettiin jälkipolville

Leena Hietanen, toimittaja



1

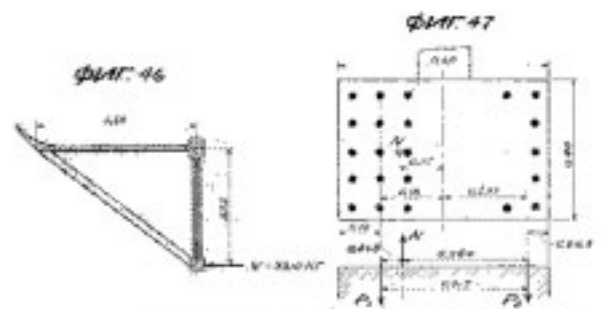
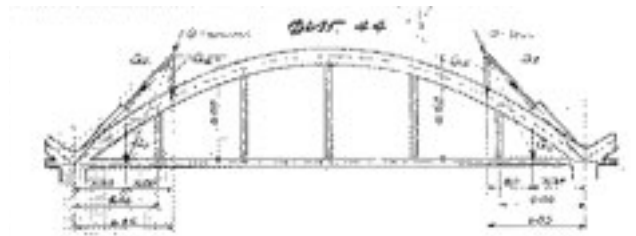
1 Piirroskuva hangaarien mittasuhteista.

2

Arkistolöydöt Tartosta ovat ainoat tiedossa olevat dokumentit rakennuspiirustuksista.

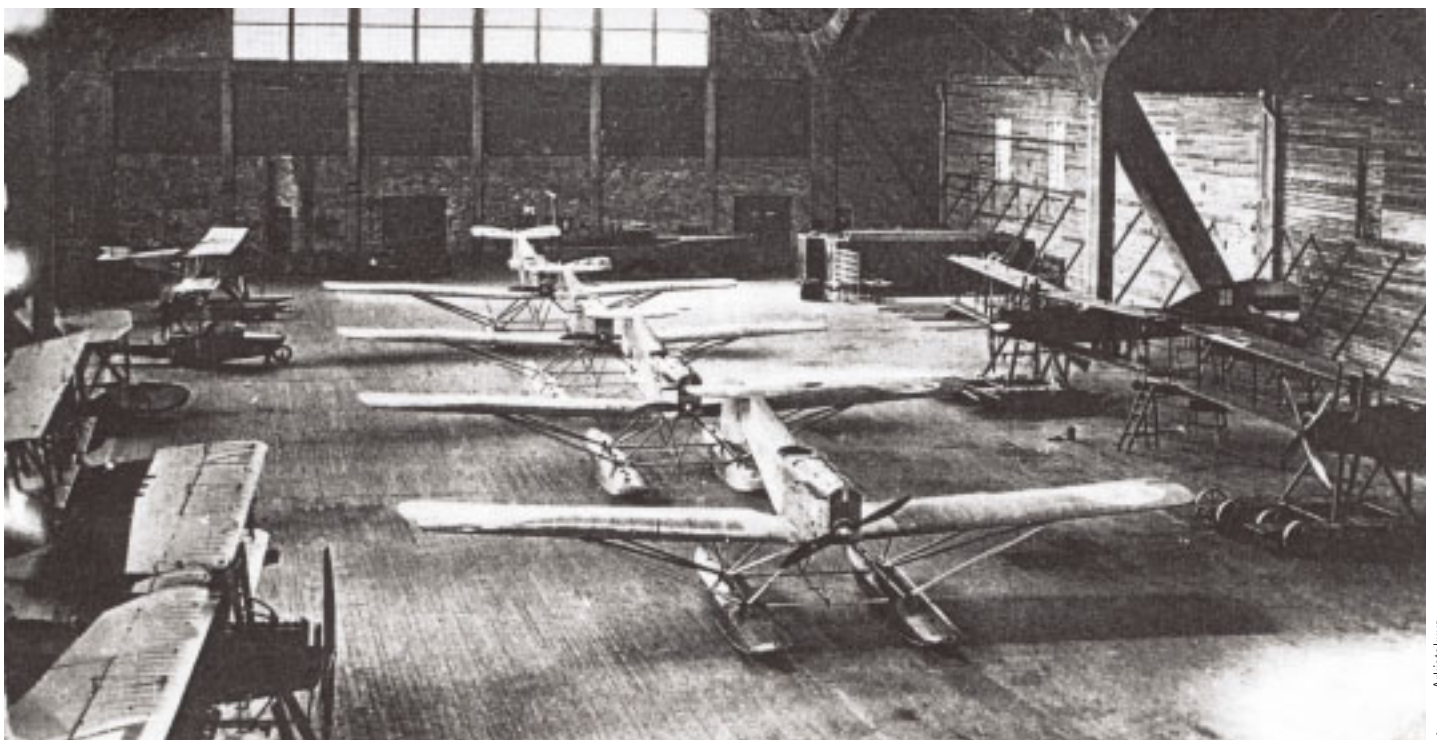
3

Arkistokuva kertoo hangaareissa olleen vesilentokoneita. Vuosiluku on epäselvä.



ТОВАРИЩЕСТВО
ХРИСТИЯНИ И НИЛЬСЕНЪ
ДЕТРОИТЪ
ЧЕРТ. X
№ 12 1916 Г.

2



Arkistokuva

3



Tallinnan satamassa sijaitseva vesilentokonehalli on maailman ensimmäisiä rakennuksia, jossa on käytetty teräsbetonia kuperassa muodossa. Tämä rakennustaiteen helmi on pysynyt piilossa suurelta yleisöltä osittain siksi, että se on ollut sotilaskäytössä.

”Se on sijainnut suljetulla sotilasalueella”, kymmenen vuotta hangaareja tutkinut Tallinnan teknisen yliopiston rakennustekniikan professori Karl Öiger toteaa.

Puolitoista vuotta kestäneet lentokonehangaarien korjaustyöt saatiin valmiiksi lokakuussa 2011. Nykyinen omistaja Viron merimuseo avaa keväällä 2012 tiloissa museon. Professori Karl Öigerin ja tohtori Heiki Ontonin suunnittelema hangaarien pelastusoperaatio myöhästyi lähes vuodella.

”Korjausrakentamisessa tulee vastaan yllätyksiä varsinkin kun alkuperäiset rakennuspiirustukset puuttuvat”, Öiger sanoo.

KAIKKI ALKAA PANTHEONISTA

Venäjän keisarilliset ilmavoimat tilasi tanskalaiselta Christian & Nielsen-yhtiöltä Tallinnan vesilentokonehallit viime vuosisadan alussa 1916-1917. Vaikka yhtiö on olemassa vielä tänäkin päivänä, rakennuspiirustukset eivät ole säilyneet. Christian & Nielsenin toimistossa Tanskassa tulipalo tuhosi vuonna 1943 arkiston. Pietarista dokumentaatiota ei löydy. Tarton yliopiston arkistoista tuli esille viime kesänä muutama kellastunut piirros.

”Ottaen huomioon, ettei tuohon aikaan ollut vielä teoriaa ja laskentakaaviot puuttuivat, hangaarien suunnittelijat ovat olleet mestarillisia”, Öiger

ihastelee.

Betonin kestävyys tunnetaan maailmassa hyvin. Roomassa Pantheon on kestänyt aikaa 1900 vuotta. Vertailun vuoksi Öiger rinnastaa Pantheonin ja hangaarit. Pantheonin kupolin halkaisija on 43,3 metriä ja sen laella oleva kattoikkunan 9,1 metriä. Hangaarin kupolien halkaisija on 51 metriä ja kattoikkuna 10 metriä. Suurin ero on kupolin paksuudessa. Kun Pantheonissa kupolin seinämän paksuus vaihtelee 1,2-6,5 metriin, hangaarin kupoli on huipulla vain kahdeksan senttiä ja alhaalla 15 senttiä. Tallinnan vesilentokonehallin katto on kuin telttakangasta verrattuna Pantheonin kupolin paksuuteen.

”Kuori on tämän päivän mittakaavassakin todella ohut”, Öiger toteaa.

Kuorirakennuksen suunnittelu ja rakentaminen ilman välipilareita oli omana aikanaan niin harvinaista, että englantilainen The Builder-lehti teki Tallinnan vesilentokonehangaareista jutun vuonna 1920.

RAUDOITUS AUKAISTIIN

Öiger ja Onton tekivät kuntotutkimuksen, joka paljasti hyvin erilaisia vaurioita. Rakenteita oli heikentänyt karbonatisoitumisen edistämä korrosio.

”Hallit ovat olleet huonosti hoidettuja tuulen, saateen ja kylmyyden armoilla. Tiloja ei ole lämmitetty. Kosteus ja vesi ovat läpäisseet betonin pinnan aiheuttaen kosteusvaurioita ja korrosiota. Hangaarit olivat romahdusvaarassa”, Öiger kertoo.

Ilman hiilidioksidipitoisuus aiheuttaa ajan kuluessa aina karbonatisoitumista. Betonista tulee hiilidioksidin vaikutuksesta kalkkikiveä ja vettä. Samalla betonin emäksisyys, ph-arvo oli laskenut

4

Hangaarien kymmenen metrin korkuiset oviaukot peitettiin teräksisellä pimennysverholla.

5

Tohtori Heiki Onton on tehnyt teräsbetonin korjauksesta väitöskirjan, jonka päällä näyte hangaarin kuorirakenteen vanhasta ja uudesta betonikuoresta, jossa on 5 millimetrin ruostumaton teräsverkko.



5



6

6 Hangaarien sisätilassa näkyvät kantavat rakenteet, sivupalkkien sijainti ja vetopalkit. Joukossa sukellusvene Lembit pressun alla.

7 Lentokonehangaarin sisäkatto on entisöity maalaamalla katto ensin valkoiseksi, jonka päälle on levitetty mustaa maalia, jonka palokunta on vedellä suihkuttanut säteittäiseen ulkoasuunsa.

8 Nordeconin *Veiko Krautman* (vas.) ja *Harto Vallimägi* ovat saaneet valmiiksi pitkäksi venyneen suururakan Tallinnan lentokonehangaarien pelastamiseksi. Kuvassa taustalla näkyy lentokonehallien julkisivu, joka katetaan teräksisellä pimennysverholla tulevaa käyttöä varten.

Tulevan Merimuseon arkkitehti- ja sisustussuunnittelusta ovat vastanneet *KOKO arhitektid OÜ*. Lisätietoja suunnittelusta löytyy arkkitehtitoimiston kotisivuilta: www.koko.ee

12:stä 9:ään. Teräsbetonin raudoitus ei ruostu, kun betonin pH-luku on 12. Vanhan raudoituksen suojelemiseksi kattopintaa käsiteltiin sveitsiläisen Sika-yhtiön kehittämällä Sika Ferrogardilla imeyttämällä ainetta 50 mm syvyydelle betoniin. Sen avulla emäksisyys nostettiin 9:stä takaisin 12:een.

Öiger ja Onton päätyivät käyttämään kaikessa korjaustyössä Sika-yhtiön materiaaleja, joita Sveitsissä käytetään Alppien läpäisevien tunnelien rakentamisessa. Muut alan valmistajat Remmers, PCI ja Deitermann eivät nekään ole professorin mielestä huonoja.

”Sveitsiläiset ovat tehneet perusteellista kehitystyötä”, Öiger perustelee valintaansa.

KATTORAKENNE TUETTIIN UDELLEEN

Katot olivat täynnä rakoja, sekä suuria että pieniä. Pienet raot täytettiin Sikadur 52-epoksiliimalla, kun suurimpiin rakoihin jouduttiin laittamaan uutta betonia. Betoninkorjauslaastina käytettiin Sika Monotop 412 N-tuotetta. Uuden ja vanhan materiaalin liittämistä varten raot käsiteltiin perusteellisesti. Puhdistuksen jälkeen ne käsiteltiin korrosionestoaineella. Rakojen tartuntapintaa parannettiin liima-aineella ennen kuin uutta betonia laitettiin tilalle. Suurimmat raot ”ommeltiin” kiinni metallisolukien avulla.

Suurin työ oli vanhan kuorirakenteen raudoituksen suojaaminen ja katon kantavuuden palauttaminen. Se tehtiin lisäämällä vanhan kuorin alle uusi viiden sentin paksuinen teräsbetonikerros, johon laitettiin 5 mm:n ruostumaton teräsverkko. Työ tehtiin ruiskubetonilla. Pinta tasoitettiin käsin.

Vaikka kattoon lisättiin jo olemassa olevan 8 sen-



7



8

tin lisäksi paksuutta 5 senttimetriä, katon kantokyky ei kärsinyt vaan parani.

”Uusi kerros on riittävän ohut, joten sivupalkkien toleranssit mahdollistivat lisäyksen. Varauduimme, että sivusuunnassa voisi tulla ongelmia, joten kulmapylväät vahvistettiin”, Öiger kertoo.

Lentokonehallissa kuorien etukaaret pitää ylhäällä vetopalkit, jotka uudistettiin perusteellisesti. Joissakin paikoissa vanha raudoitusta jouduttiin korjaamaan hitsaamalla.

”Vanha teräs on erittäin hyvin hitsattavaa”, Öiger kiittelee.

Katon sisäpinta on maalattu ensin valkoiseksi. Maalin kuivuttua päälle levitettiin mustaa maalia. Palokunta suihkutti märkää maalia, jolloin se levisi säteittäin muistuttaen sisäkattojen alkuperäistä väritystä.

RAKENTAJALLE KOVA URAKKA

Vesilentokonehallien kunnostamistyön teki yksi Viron suurimpia rakennusliikkeitä *Nordecon AS*. Rakennustöihin osallistui puolentoista vuoden aikana keskimäärin 100 henkilöä. Rakennustöiden kustannusarvio kaksinkertaistui alkuperäisestä 13 miljoonaan euroon. Maksajina ovat Viron valtio ja EU:n aluerahasto.

Projektijohtaja *Veiko Krautmanille* kokemus oli ainutlaatuinen.

”Virossa ei tämän laatuista rakennuskohdetta ole toista. Saimme perusteellisen kokemuksen teräsbetonirakennuksen korjauksesta”, hän sanoo.

Jo lähtötilanteessa urakka haastoi tekijänsä. Rakennustelineiden hankinta osoittautui vaikeaksi. Virossa kupolin korjaukseen sopivia rakennustelineitä

ei ollut eikä Suomesta sellaisia lainattu, joten rakennustelineet tuli hankkia Espanjasta ja Saksasta.

Alkuperäisten rakennuspiirustusten puuttuminen kostautui, sillä monet työvaiheet jouduttiin muuttamaan ”lennossa” rakennuksen todellisen kunnan paljastuessa. Selkeätä käsitystä siitä, mitä saa purkaa ei myöskään ollut, mikä hidasti työtä.

Työvaiheiden aikataulua oli muutettava pelkästään ilmasto-olosuhteiden takia. Viime kesän kuumuudessa esimerkiksi katon lämpötila lähenteli 50 astetta, jolloin betoniin upotettu korroosion estoaine haihtui.

”Töitä saattoi tehdä vain aamulla neljästä yhteentoista ja illalla neljästä yömyöhään”, Krautman kertoo.

RAKOJEN MÄÄRÄ TUPLAANTUI

Virossa vesilentokonehallin saneerausta on seurattu lehdistössä tarkasti, sillä rakennuksen piti valmistua viime kesäksi Tallinnan kulttuuripääkaupunkivuoden kunniaksi.

”Työt eivät viivästyneet, sillä työmäärä kasvoi alkuperäisestä 70 prosenttia”, Krautman tarkentaa.

Rakojen määräksi oli arvioitu 1,6 kilometriä, mutta töiden kuluessa määräksi varmistui 3,6 kilometriä. Työnjohtaja *Harto Vallimägi* naputteli itse vasaralla 19 000 neliometriä pintaa etsien kaikki mahdolliset murtumat.

Kattotöitä viivästytti Vallimäen mukaan kuorirakenteen luonne. Parannustyöt jouduttiin tekemään sektoreittain. Työläs oli myöskin vetopalkkien korjaus. Vetopalkit puhdistettiin kaivamalla raudoitusteräksesi esiin purkamalla niiden ympäriltä kaikki vanha betoni. Teräspalkit puhdistettiin hiekkapu-

SEAPLANE HANGARS REPAIRED FOR MUSEUM USE

The seaplane hangar complex located in the harbour of Tallinn is the first building in the world in which reinforced concrete has been used to produce a convex shape. It was built in 1916-1920 as a complex of three domes. Each dome is 22 metres tall. This pearl of architectural art has remained hidden from the public, partly because it has been in military use.

The 18-month renovation project of the seaplane hangars was completed in October 2011. The current owner, the Estonian Sea Museum, will open a museum in the hangar complex in the spring of 2012. The hangar rescue operation designed by Professor Karl Öiger and Doctor Heiki Onton was delayed by almost a year. One of the reasons for the delay was that the original building drawings had disappeared. Many work phases had to be modified during the project, when the true condition of the building came to light.

The diameter of the hangar domes is 51 m and the skylight is 10 metres. The thickness of the dome is only 8 cm in the top part, while the lower part is 15 cm thick.

Öiger and Onton selected materials produced by the Sika Company for the repairs. The same materials are used in Switzerland in the tunnels that penetrate the Alps.

The roofs were full of gaps. The total length of the gaps was estimated to be 1.6 km, but was during the project found out to be 3.6 km. Small gaps were filled with Sikadur 52 epoxy resin. Larger gaps had to be repaired with new concrete. Sika Monotop 412 N was used as concrete repair mortar.

The biggest job was the protection of the reinforcement in the old shell construction and the restoration of the load-bearing capacity of the roof. This was implemented by adding a new 5 cm thick reinforced concrete layer under the old shell, with 5 mm stainless steel net used as reinforcement. The work was carried out by shotcreting. The surface was levelled by hand.

The front arches of the shells of the hangars are fixed up with tiebeams, which were completely renovated. In some places the old rebars had to be repaired by welding.



haltamalla. Jokainen raudoitusterässauva tarkistettiin taustapeilin avulla, jotta ruoste oli puhdistettu perusteellisesti.

”Raudoituksen puhtausluokka oli saatava SA 2-tasolle”, Vallimägi kertoo.

Urakan suuruus näkyy luvuissa. Raudoitusta puhdistettiin vetopalkeissa yhteensä 19 000 metriä ja hiekkapuhallukseen käytettiin 250 tonnia hiekkaa. Terässauvoille tehtiin pohjamaalaus ja ruosteestokäsittely ennen uuden betonin valamista. Yhteensä betonikorjauslaastia kului 1200 tonnia, jota toi Sveitsistä 50 rekka-autoa.

Nordeconin Veiko Krautman ja Harto Vallimägi uskovat voivansa käyttää samaansa kokemusta hyväkseen Virossa siltarakentamisessa. Maailmalla pitää mennä kauaksi.

”Sydneyn oopperatalo saisi meistä kokeneet ammattilaiset”, Krautman ja Vallimägituumivat.

9 Hangaarien kymmenen metrin korkeiset oviaukot peitettiin teräksisellä pimennysverholla.

10, 11 Hangaarit ennen korjaustöiden aloitusta vuonna 2009.



Meritta Koivisto



Meritta Koivisto

TERÄSBETONIN HISTORIA

Teräsbetonin keksi 1849 ranskalainen puutarhuri *Joseph Monier* tekemällä kukkaruukkuja metalliverkolla vahvistetusta betonista. Menetelmä patentoitiin 1867. Teräsbetoni yleistyi rakennusmenetelmänä 1910-luvulla. Saksalaiset rakensivat Breslaun (nyk. Wrocław Puolassa) kaupunkiin Napoleonin saadun voiton kunniaksi vuonna 1911 Jahrhunderthallen, jossa on käytetty teräsbetonia. Kupolin rakenne ei kuitenkaan ole kuorirakenne. Tallinnan vesilentokonehangaarit ovat siten ensimmäinen rakennus, jossa teräsbetonia käytettiin kuorirakenteen muodossa. Varsinaisesti tekniikka yleistyi vasta ensimmäisen maailman sodan jälkeen 1920-1930-luvuilla. Tunnetuimmat esimerkit ohuista teräsbetonikuorisista rakennuksista ovat Sydneyn oopperatalo Australiassa ja useat Eero Saarisen Yhdysvalloissa suunnitellut rakennukset.

TALLINNAN HANGAARIT

Lentokonehallia kutsutaan hangaareiksi. Tallinnan hangaarit ovat kolmen kupolin kokonaisuus, jossa kupolin korkeus lattiasta kattoon on 22 metriä.

Venäjänsä keisarillisten ilmavoimien vuonna 1916 tilaamat vesilentokonehallit olivat osa Pietari Suuren merilinnoitusta Tallinnassa. Ne oli tarkoitettu ajan suurimpia vesilentokoneita varten. Ensimmäinen maailmansota keskeytti rakennustyöt 1917. Hangaarit siirtyivät Viron puolustusvoimille 1919 ja ne rakennettiin valmiiksi 1920. Vuonna 1940 koko alue siirtyi Neuvostoliiton Itämeren laivaston käyttöön. Hangaareissa toimi laivaston rakennusyksikkö. Viron itsenäistyttyä alueesta käytiin omaisuus- ja taisteluita, jotka lopuivat vasta vuonna 2006.

Viron merimuseo (Eesti Meremuuseum) avaa tiloissa museon toukokuussa 2012. Arvokkain näytelyesine tulee olemaan sukellusvene Lembit vuodelta 1936. Historiallisesti arvokkain on kuitenkin rakennus itse.

SUOMALAISET KOMMENTIT

Kupolien lämpöeristykset polyuretaanivaahdolla tehneen Eriman Oy:n toimitusjohtaja *Ilkka Mansala*: ”Oli hienoa olla ainutlaatuisessa projektissa mukana. Jo alusta oli selvää, että vanhan, suojelun alla olevan arkkitehtuurikohteen korjaus ei ole helppo urakka. Lopputulos vastaa asetettuja tavoitteita.”

Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan professori *Ralf Lindberg*:

”Annoin 2000-luvun alussa arvion hangaareista, ja totesin, että jos kyseessä ei olisi harvinainen arkkitehtuurikohte, hallit tulisi purkaa. Niiden korjaaminen on mahdollista, mutta haasteellista ja tulee viemään sekä aikaa että rahaa. Erityisesti ihailen upeaa korjaustapaa, joka säilyttää vanhaa ja on turvallista käyttää. Kuoriin lisätty uusi ruiskubetonikerros lisää kuormaa, mutta vielä enemmän parantaa kantavuutta. Arvostan ratkaisua, jossa ruiskubetonia käytetään kantavan rakenteen osana.”