



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Niko Salminen

Korsön sektoriloiston peruskorjaus

Opinnäytetyö)

Syksy 2021

SeAMK tekniikka

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-ohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Tutkinto-ohjelma: Rakennusalan työjohto

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Niko Salminen

Työn nimi: Korsön sektoriloiston peruskorjaus

Ohjaaja: Ilkka Loukola

Vuosi: 2022

Sivumäärä: 45

Liitteiden lukumäärä: 2

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia 1937 rakennettua teräsbetonirakenteista majakkaa, joka on muutettu 1900-luvun loppupuolella miehittämättömäksi aurinkopaneeleilla toimivaksi sektoriloistoksi. Työssä tutkittiin vaurioiden syntymistä ja sen aikaista rakennustavan osallisuutta vaurioihin.

Teoriaosuudessa perehdyttiin myös betonirakenteen elinkaaren lopussa tapahtuvaan karbonatisoitumiseen, jota voidaan hyödyntää hiilidioksidineluna sitouttamalla vapauttamaansa hiilidioksidia, mikä on aiheutunut sementin teon yhteydessä kalkkikiven poltosta.

Työssä analysoitiin käytettyä työjärjestystä, aikataulua ja sitä, missä järjestyksessä työvaiheita olisi voinut tehdä kustannustehokkaammin. Lisäksi työssä pohdittiin käytettyjen työtapojen eri puolia, eli millaisia haasteita kohteen sijainti ja infra aiheuttivat sekä millainen korjaustyövaiheiden elinkaari on.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Degree programme: Construction Site Management

Specialisation: Building Construction

Author: Niko Salminen

Title of thesis: Korsö lighthouse renovation

Supervisor: Ilkka Loukola

Year:	Number of pages: 45	Number of appendices: 2
-------	---------------------	-------------------------

The thesis studied a lighthouse, which was built of reinforced concrete in 1937. The lighthouse was exposed to hard weather conditions. The damages and their formation were analysed as well as the ways of repair. Carbonation of concrete was found by visual observation and in samples studied more closely.

The theoretical part of the thesis studied the carbonation of concrete in more detail, the recycling of concrete and its functionality as carbon sink.

Key words: Carbonation, concrete damage, concrete damage repairs, repair methods, quality management

SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä	2
Thesis abstract	3
SISÄLTÖ	3
Kuva-, kuvio- ja taulukkuuettelo	6
1 BETONIN KARBONATISOITUMINEN.....	7
2 BETONIRAKENTEET HIILINIELUNA.....	9
3 PERUSKORJAUKSEN TARVESELVITYS	10
3.1 Kuntotutkimus.....	10
3.2 Havainnot	12
3.3 Betonin tarkempi analysointi.....	16
3.3.1 Betonin ohuthietutkimus	17
3.3.2 Kloridipitoisuuksien määrittäminen	19
3.3.3 Betonipeite ja karbonatisoituminen	19
3.3.4 Betonin puristuslujuuskokeet	20
3.4 Korjaustoimenpiteet.....	21
3.4.1 Logistiikka	21
3.4.2 Telineet	21
3.4.3 Suunnitelmat	21
3.4.4 Vaurioituneet betonin teräkset	22
3.4.5 Hiekkapuhallus.....	22
3.4.6 Betonin halkeamat	22
3.4.7 Purkutyöt.....	23
3.4.8 + 18 tason muotitus ja valu	23
3.4.9 Välitason muotitus ja valu	24
3.4.10 Verkotus.....	24
3.4.11 Valokojun tason työvaiheet	25
3.4.12 Teräsosien maalaustyö	26
3.4.13 + 0.20 Taso.....	27
3.4.14 Ilmanvaihdon parantaminen.....	27
3.4.15 Ruiskubetonointi	27

3.4.16	Ulkopuolen pinnoitustyö	29
4	AIKATAULUTUS JA TYÖN TOTEUTUS	30
5	KUSTANNUSTEHOKKAAMPI TOTEUTUS.....	32
5.1	Materiaalin lennätys työkohteelle	32
5.2	Telinetyöt sektoriloiston sisälle	32
5.3	Telinetyöt ulkopuolella ja purkutyöt sisäpuolella.....	32
5.4	Piikkaustyöt ja hiekkapuhallus.....	33
5.5	Korroosion suojaus ja siivous	35
5.6	+ 18 taso ja välitaso	35
5.7	Välitason raudoitus ja + 18 tason injektointi	35
5.8	Valutyöt ja +0,00 mikrosementti injektointi	36
5.9	Verkotustyön aloitus	37
5.10	Sidontahakojen asennus	38
5.11	Sidontahakojen taivutus, verkkojen asennuksen viimeistely ja makea pesu	39
5.12	Ruiskubetonoinnin laadunvarmistus.....	39
5.13	Ulkopuolen ruiskubetonointi ja + 18,00 asennukset	40
5.14	Sisäpuolen ruiskubetonointi ja ulkopuolen pinnoitustyö	40
5.15	Sisätasojen laastipaikkaus	41
5.16	Sektoriloiston ikkunat, vedenpoisto ja ovi.....	42
5.17	Sisätasojen pinnoitus	42
6	YHTEENVETO	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	45

Kuva-, kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuva 1. Sektoriloisto työmaakatselmuksessa.	8
Kuva 2. Halkeama betonissa.	12
Kuva 3. Kalkkisuodos.	13
Kuva 4. Karbonatisoitumisen tutkiminen betonista väriaineella.	17
Kuva 5. Betonipinnan vetokokeen murtopinnat.	26
Kuva 6. Ulkopuoli valmis.	31
Kuvio 1. Näytteenottokohdat.	9
Kuvio 2. Telinepiirustus.	33
Kuvio 3. Sidontahaat.	37
Taulukko 1. Betonille suoritettut kokeet.	10
Taulukko 2. Betonikoelieriöiden puristuskokeet.	11
Taulukko 3. Betonipinnan vetokokeet.	15
Taulukko 4. Ohuthietutkimus.	16
Taulukko 5. Kloridipitoisuuden määrittäminen.	17
Taulukko 6. Karbonatisoitumisen tilanne.	18
Taulukko 7. Puristuskokeet.	19
Taulukko 8. Työmaan aikataulu.	30

1 BETONIN KARBONATISOITUMINEN

Betonin tärkein materiaali on sementti, joka sitoo betonissa käytettävät murskeet yhteen By 201 betoniteknikan oppikirja 2018 (Suomen Betoniyhdistys Ry, 2018, s. 111-114). Sementtiä valmistettaessa sementistä vapautuu hiilidioksidia, joka pyrkii palautumaan takaisin betoniin. Tätä kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Voimakkaimmin karbonatisoituminen etenee ilmankosteuden ollessa R_h 50-60 %.

Ilman kanssa kosketuksissa oleva betoni on aina karbonatisoitumiselle alttiina. Betoni pyrkii neutralisoitumaan, eli absorboi itseensä hiilidioksidia, joka laskee betonin pH:ta. Karbonatitumattoman betonin pH on 13–14, neutralisoituneessa pH on 8,5. Karbonatisoitumisen etenemistä betonissa voidaan hidastaa hyvin merkittävästi vesi-sideainesuhteella, sementin määrällä ja laadulla, betonin huokoisuudella ja betonin tiiveydellä. Betonin neutralisoituneen pinnan edetessä raudoituksen lähelle seuraavana vaiheena on raudoituksen korroosio.

(Pyy, 2020). Tiiviissä betonissa karbonatisoituminen jää pinnan läheisyyteen, eikä yllä raudoitukseen asti. Tämä riippuu suojabetonin paksuudesta. Tiiveys vaikuttaa merkittävästi, miten helposti ilman hiilidioksidi ja rikkiyhdisteet pääsevät tunkeutumaan rakenteeseen. Tiiviissä betonissa karbonatisoituminen voi edetä pintaan, mutta betonin tiiveyden ansiosta saattaa pysähtyä kokonaan. Betonin tiiveyteen vaikuttaa merkittävästi vesi-sideainesuhde ja hydratoitumisaste. Hydratoitumisastetta ja sementin määrää lisättäessä nopeutuu karbonatisoituminen.

(Concrete solution, i.a.) Käytettäessä ruostumatonta terästä raudoituksena, ei betonin karbonatisoituminen aiheuta korroosiota. Tällöin karbonatisoitumista voidaan hyödyntää hiilen sitoutumiseen betonissa vapaasti. Sisätiloissa kosteuspitoisuudet ovat pienempiä, jolloin karbonatisoitumisesta ei ole rakenteellista haittaa betonille, vaikka raudoitus olisi ”mustaa rautaa”, koska vähäisen kosteuden vuoksi ei pääse korroostioitumaan.

Betonin halkeamat, joita muodostuu liian nopeasta kuivumisesta, tärinästä, liian vähäisestä raudoituksesta, väärästä vesisementtisuhteesta, jälkihoidosta, muotin liikkumisen johdosta ja valettaessa pitkiä jännevälejä. Halkeamia pitkin karbonatisoituminen etenee paikallisesti nopeasti. Tästä syystä halkeamat tulisi injektoida.

Betonin suojahuokoset hidastavat karbonatisoitumista huomattavasti. Huokoset lisäävät betonin tiiveyttä ja estävät pakkasäröilyä. Suojahuokosten on todettu parantavan diffuusiovastusta. Karbonatisoitumisnopeus riippuu sideaineena käytettävän kalkin pitoisuudesta, josta yllä mainittiin sementin pyrkiessä neutralisoitumaan.

(Pyy, 2020). Vesisementtisuhteen alentuessa samalla betonin tiiveys kasvaa.

Betonissa käytettävien pozzolaanisten sideaineiden (silika ja lentotuhka) hydratoituessa, kulluttavat betonin emäksisyyttä ylläpitävää kalsiumhydroksidia ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Käytettäessä masuunikuonaa tai lentotuhkaa betoni karbonatisoituu nopeammin. Betonin hyvällä jälkihoidolla päästään korkeaan hydraatitioasteen.

Karbonatisoitumisnopeuteen vaikuttaa suuresti betonin pintaan käytettävät pinnoitteet, jotka voivat pitää hiilidioksidin diffuusion poissa betonista. Tässä on kuitenkin huomioitava pinnoitteen ikä rakenteen kunnossapidossa.

2 BETONIRAKENTEET HIILINIELUNA

Betoniset rakenteet karbonatisoituvat tietyn ajan kuluttua riippuen käytetystä pinnoitusaineesta ja huoltoväleistä. Karbonatisoitunut betoni toimii hiilinieluna, eli varastoi itseensä sementin ympäröivästä ilmasta hiilidioksidia (Xi, 2016). Tehdyn tutkimuksen mukaan betonissa käytettävän sementin tekemisessä vapautuva hiilidioksidimäärä sitoutuu 70 % takaisin betoniin. Purettaessa käytetty betoninen rakenne se murskataan, jolloin rakenteen pinta-ala kasvaa huomattavasti, jolloin betonimurske kykenee absorboimaan itseensä huomattavasti nopeammin hiilidioksidia.

Purkubetonin uusiokäyttöä on alettu toteuttamaan infrarakentamisessa viime aikoina pohjarakentamisessa (Heilä, S 2021. s.37-40). Betonimurske on vaihtoehtoinen tapa korvata kalliomurske käyttämällä betonimursketta tie-, katu- ja kenttärakenteissa. Uusiomateriaalien käyttöä rajoittaa viranomaismenettelyjen hankaluus ja hitaus. Keski-Euroopassa kiviainesten uusiokäyttö on huomattavasti Suomea edistyneempää, koska luonnon kiviainesvarat ovat huomattavasti Suomea rajallisemmat. (Rakennusteollisuus, i.a). Purkubetoni voidaan käyttää myös uuden betonin raaka-aineeksi. Suomessa purkubetonia kierrätetään 70–80 %. Arviolta 700 000–1 000 000 tonnia betonia käytetään uusiokäyttöön.

Suomessa uusiomateriaalien käyttöön liittyy paljon epävarmuutta niiden turvallisuuteen, koska luonnosta louhittu kivi on huomattavasti kovempaa ja kestävämpää, kuin betoni. Kivi kestää tienpohjana huomattavasti paremmin, kuin betonimurske. Betonimurske ei ole laskennallisesti yhtä homogeeninen materiaali, kuin luonnosta louhittu kiviaines.

3 PERUSKORJAUKSEN TARVESELVITYS

3.1 Kuntotutkimus

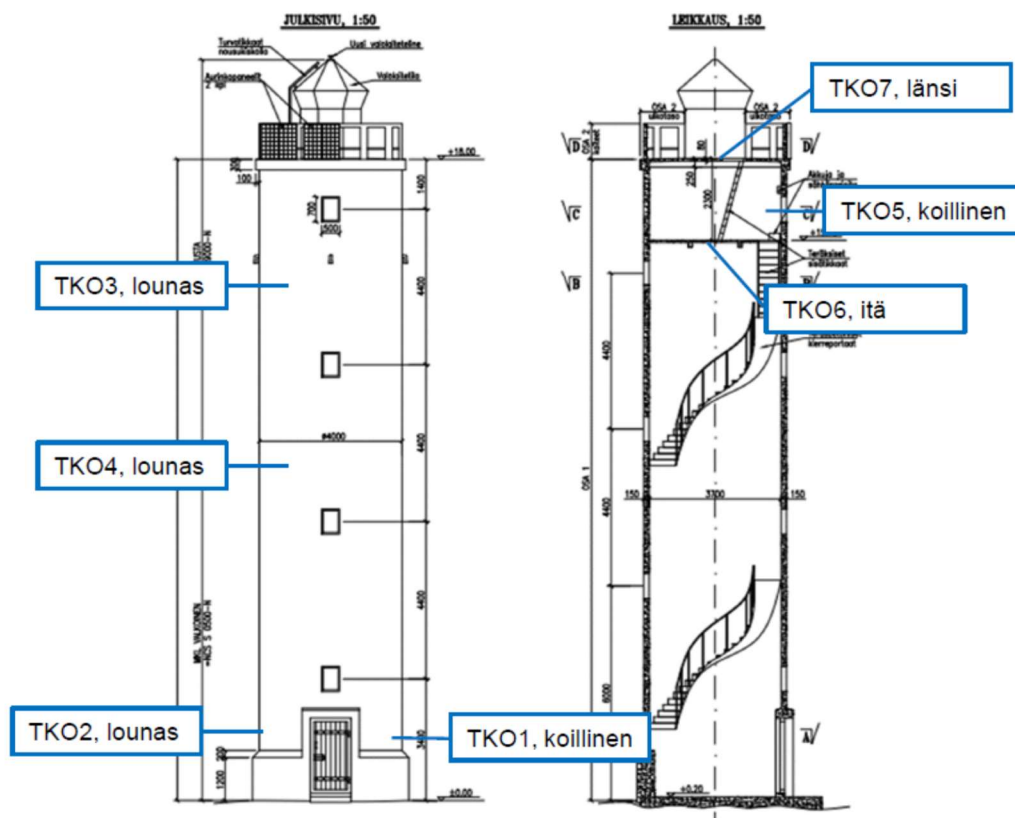
Korsön sektoriloisto sijaitsee Vaasan saaristossa Korsören saarella 23 km:n päässä Vaasasta. Majakka on rakennettu vuonna 1937. Sektoriloisto on teräsbetonirakenteinen. Kuntotutkimus on suoritettu vuonna 2020. Sektoriloisto kuvattu työmaakatselmuksessa ennen töiden aloitusta.



Kuva 1. Sektoriloisto työmaakatselmuksessa

Korjaushistoriasta ei ole tarkkaa tietoa. Sektoriloistolle on tehty osittaisia betonipintojen korjauksia sekä ulkopintojen pintakäsittelyjä. Viimeisimmät korjaustyöt ovat ylätilojen pinnoitus-työt ja valokojun maalaus sisältä ja ulkoa.

Tutkimuksessa betonirakenteet jaettiin kahteen osaan kuvan mukaisesti ulkotasojen ja pintojen osalta kahteen osaan seinien sisäpinnat, välitason ylä- ja alapinnat sekä sisätaso omaksi osakseen.



Kuvio 1. Näytteenottokohdat

Majakan sijainti saarella on 100 metriä rannasta ja aavalta mereltä. Toisella puolella saarta on puustoa vähentämässä tuulen vaikutusta. Meri-ilmaston aiheuttama kosteusrasitus on suuri koko rakenteelle sisä ja ulkopuolella.

Näytteenotosta tehtiin taulukko 1. Taulukosta selviää koelieriöille tehdyt kokeet.

Taulukossa on lyhennetty betonille tehdyt kokeet:

Veto = Betonipinnan vetokoe

Oh = Ohuthietutkimus

Klo = Kloridipitoisuuden määrittäminen

Krb = Karbonatisoitumisaste

Pur = Puristuslujuus

Asb = Asbesti

Pcb/Rm = Lyijypitoinen kemikaali

	Näyte- numero	Sijainti	Suoritetut tutkimukset						
			VETO	OH	KLO	KRB	PUR	ASB	PCB / RM
OSA1	TKO1	koillinen	1	-	3	2	1	1	-
	TKO2	lounas	1	1	3	3	1	-	-
	TKO4	lounas	1	-	3	2	1	1	-
OSA2	TKO7	länsi	1	1	3	2	1	1	-
SEINIEN SISÄPINNAT YM.	TKO3	lounas	1	-	3	2	1	-	-
	TKO5	koillinen	1	1	3	2	1	1	-
	TKO6	itä	1	-	3	2	-	-	-
MUUT RAKENTEET	TKO8	porraskaide, maali	-	-	-	-	-	1	1
	TKO9	valokoju, maali	-	-	-	-	-	1	1
	TKO10	kulkuluukku, maali	-	-	-	-	-	1	1
	TKO11	valokoju, ikkunakitti ja maali	-	-	-	-	-	1	1

Taulukko 1. Betonille suoritettavat kokeet

Asbestia ja pcb-yhdisteitä ei löydetty maaleista, eikä ikkunansaumamassasta.

3.2 Havainnot

Sektoriloiston ulkopuolta löytyi laajoja maalipinnan hilseilyjä ulkopinnalla. Betonin rapautumista ei havaittu sektoriloiston ala-osaan. Sektoriloiston ylä-osaan rapaamaa havaittiin korkeudessa +14.00- +16.00. Rapaamaa esiintyy yleisesti varsinkin työsaumojen kohdalla. Rapaumat ylettyvät pahimmillaan 60 mm syvyyteen. Työsaumoissa loiston ulkopuolella esiintyi halkeilua n. 0,2 mm. Myös esiintyi 0,2 mm leveitä pystysuuntaisia halkeamia. Tutkijat oletivat

halkeamien syntyneen jo betonin kovettumisvaiheessa. Useissa näytteenotto kohdissa havaittiin terästen ruostumista, sekä betonin ulkopinnassa näkyy ruostuneita teräksiä. Betonoinnissa välikkeinä on käytetty puuta, jotka ovat turvonneet aikojen saatossa betonissa aiheuttaen halkeilua. Puissa, jotka eivät ole vaurioittaneet betonia näkyvästi, näkyi näistä mustaa valumaa betoni pinnassa.

Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Halkaisija [mm]	Näytteen pituus [mm]	Tiheys [kg/m ³]	Voima [kN]	Tulos 1) [MPa]	Poikkeama
TKO1	Majakkatorni, koillinen, ulkopinta	81	81	2010	71,9	15,5	x Dmax > ½ ø
TKO2	Majakkatorni, lounas, ulkopinta	81	81	1940	108,4	23,3	x
TKO3	Majakkatorni, lounas, sisäpinta	81	79	2260	261,6	56,1	x Dmax > ½ ø
TKO4	Majakkatorni, lounas, ulkopinta	80	82	2080	83,9	18,1	x Dmax > ½ ø
TKO5	Majakkatorni, koillinen, ulkopinta	81	79	2010	126,4	27,1	x
TKO7	Taso, länsi, ylä- ja alapinta	81	81	2000	216,0	46,3	x

Taulukko 2. Betonikoelieriöiden puristuskokeet

Yllä olevassa taulukosta näkee betonin laadunvaihtelun. Tiheydessä voidaan havaita käytettävissä olleiden kivimateriaalien epätasainen raekoko. Puristuskokeeseen vaikuttaa suurelta osin käytetty materiaali, sekä sääoloille altistuminen meriolosuhteissa.

Kuvassa suuri halkeama majakan sisäpuolella. Halkeaman aiheuttanut betonin karbonatisoituminen, jolloin teräs on päässyt ruostumaan aiheuttaen teräksen laajenemisen aiheuttaen säröjä betoniin, josta vesi on tunkeutunut rakenteeseen. Jäätyessään vesi on laajentunut ja halkaissut kuvan mukaisia paloja.



Kuva 2. Halkeama betonissa

Majakkatorni on kallellaan, jonka oletetaan aiheutuneen muotin retkahtamisesta valuvaiheessa. Muottien retkahtamisia paljastui hiekkapuhalluksen yhteydessä kahden metrin välein. Terästen ympärillä ei havaittu tyhjätiloja, jotka olisivat muodostuneet ajan saatossa tuulen aiheuttaman liikkeen vuoksi majakan runkoon.

Majakan sisäpinnassa havaittiin runsaasti kuvan mukaista kalkkisuodosta, joka antaa viitteitä kosteusrasituksista suurilla alueilla.



Kuva 3. Kalkkisuodos

Loiston sisäpinnassa havaittiin lievää n. 0,2 mm leveää halkeilua työsaumoissa. Halkeilun oletetaan olevan betonin kutistumisesta johtuvaa. Työsaumat osoittautuivat hiekkapuhalluksessa hyvin hauraaksi. Hiekkasuihku meni satunnaisesti rapautuneesta työsaumasta läpi. Sisäpuolen betonipinta oli huomattavasti kovempaa pinnasta, kuin ulkopuolella, joka osoittaa betonin säilyneen loiston sisäpuolella huomattavasti paremmin.

Välitason alapinnassa havaittiin runsasta betoninterästen korroosiota. Tason kannatinpalkeissa on huomattavat korroosioauriot ja välitilan aukon reiästä lähtee 0,2 mm leveä ja

pituudeltaan 0,7 m halkeama. Tämän vuoksi välitila puretaan ja rakennetaan uudestaan. Välitaso on paksuudeltaan 60 mm. Taso lepäsi tyystin kannatin palkkien varassa. Tasossa itsessään ei juurikaan ollut raudoituksia seinissä kiinni.

Kierreportaissa havaittiin runsaista korroosioaurioita sekä halkeamia kaiteiden juurissa, vauriot vaarantavat kaiteiden kiinnitykset. Kierreportaiden betonipaksuus on myös hyvin ohut. Se on ohuimmasta kohdasta n. 35 mm. Kierreportaista poistetaan vanhat kaiteet ja asennetaan uudet haponkestävästä teräksestä valmistetut kaiteet tilalle. Kierreportaat verkotetaan ja alaja sivupuolelta ja ruiskubetonoidaan.

Majakan tornin ikkunan karmit ovat lahonneet ja betoni halkeillut runsaasti karmien ympäriltä. Ikkunoiden tilalle tulevat lasitiili-ikkunat ja tuuletusputket korvataan haponkestävillä tuuletusputkillä.

Majakan kaikki teräsportaat, jotka sijaitsevat välitasolta valokojulle (2 kpl). Portaat ovat hyvin jyrkkiä ja muodostavat turvallisuusriskin. Tikkaiden alusta varustetaan suojaverkoilla.

3.3 Betonin tarkempi analysointi

	Näytetunnus	Sijainti	Vetolujuuslujuus [MPa]	Murtotapa / -kohta
OSA 1	TKO1	ulkopinta	1,1	82 - 115 mm ulkopinnasta, myötäilee
			1,0 (uusinta)	86 - 117 mm ulkopinnasta, myötäilee
	TKO2	ulkopinta	1,4	46 - 72 mm ulkopinnasta, myötäilee
			0,6 (uusinta)	1 - 6 mm ulkopinnasta, myötäilee (murtui osittain liimauksesta)
	TKO4	ulkopinta	1,0	98 - 125 mm ulkopinnasta, myötäilee
			1,2 (uusinta)	67 - 112 mm ulkopinnasta, myötäilee
OSA 2	TKO7	yläpinta	1,9	50 - 62 mm yläpinnasta, myötäilee
SEINIEN SISÄPIN- NAT YM.	TKO3	sisäpinta	1,8	70 - 74 mm sisäpinnasta, myötäilee
	TKO5	sisäpinta	1,8	115 - 122 mm ulkopinnasta, myötäilee
	TKO6	yläpinta	1,3	0 - 3 mm yläpinnasta, myötäilee (murtui osittain liimauksesta)
			> 1,1 (uusinta)	0 - 6 mm yläpinnasta, myötäilee (murtui osittain liimauksesta)

Taulukko 3. Betonipinnan vetokoeet

Betonin vetolujuuden vaatimuksena pidetään 1,5 mPa rakennustapaselosteessa, mikäli betonipintaa korjataan, tai pinnoitetaan. Tuloksen ollessa heikompi, oletetaan, että betonissa on rapautumaa. Vetolujuuskokeista nähdään, ettei monikaan koe yllä vaatimuksiin. Osittain alhaiset vetolujuustulokset saattavat johtua betonin laatupuitteista. Tämän vuoksi betonipinnat hiekkapuhalletaan sisältä ja ulkoa, tavoitteena poistaa huonolaatuinen rapautunut betoni pinnasta ennen ruiskubetonointia.

Tasoilla + 0,20 ja 18,00 rakennustapaselosteessa vaaditaan näiden tasojen vetolujuuskokeiden täyttävän 1,5 mPa. Esikäsitellyltä pinnalta + 18,00 saatiin 2,47 mPa tulokseksi, joka oli hyvin korkea tulos nähden käytettyihin betonin raaka-aineisiin ja ajan rakennustekniikkaan. Paikkauslaastin vetolujuusvaatimus oli asetettu 1,5 mPa. Viikon kovettumisen kohdalla vaatimus on 0,8 mPa, jolloin voidaan olettaa laastin normaali lujuuskehitys ja tartunnan olevan kunnossa.

Sisäpuolen lattiatasolta + 0,20 tulos oli 0,7 mPa, joka ei yltänyt vaatimuksiin. Tästä tehtiin uusintakoe lattian kuivatuksen jälkeen. Kokeet suoritettiin käyttämällä pikaliimaa. Lattian epätaisuus vaikeutti optimaalisen vetokohdan löytämistä. Betonin laadunvaihtelun vuoksi kaksi ensimmäistä koetta ylsivät hiukan yli 1 mPa. Kolmannen vetokokeen tulos ylsi 1,61 mPa. Vaatimuksena lattian pinnoitukselle oli annettu 0,8 mPa. Vetokokeissa käytettiin 50 mm:n halkaisijalla olevia vetokenkiä.

3.3.1 Betonin ohuthietutkimus

Ohuthietutkimuksessa todettiin betonirakenteiden kunto yleisesti tyydyttäväksi. Kaikissa näytteenottokohdissa havaittiin orastavaa rapautumista. Majakan ylätasolta löytyi ettringiittiä. Yleisesti betonin laatu on välttävää. Betonin tiivistyminen on ollut puutteellista valuvaiheessa, joka on aiheuttanut huokoisuutta sekä heikkoa sitoutumista kiviaineisiin. Kiviaineen raekoko on liian pieni ja esikäsitellyltä pinnalta löytyi nyrkin kokoisia lohkareita, myös betonissa käytetyn murskeen jakautuminen oli pientä, eli osittain oli murske rykelmiä ja sementtiä vailla mursketta. Betonia pystyi sormin kaivamaan. Käytännössä maali piti betoninmuruset seinässä kiinni.

YHTEENVETO/ TULOSTEN ARVIOINTI: Taulukossa on arvioitu näytteiden kuntoa asteikolla: HYVÄ, TYYDYTTÄVÄ, VÄLTÄVÄ ja HEIKKO. Rapautuneisuutta on kuvattu asteikolla 0-4: 0 - ei rapautumaa, 1 - vähäistä, 2 - orastavaa, 3 - kohtalaista, 4 - voimakasta. Alkalikiviainesreaktiota on arvioitu asteikolla I – III: I - ei reaktiota / kiviaineen reaktiopotentiaali pieni tai reaktiopotentiaalista kiviainesta vähän, II - vähäistä alkalikiviainereaktiota, kiviaine reaktiopotentiaalista, III – useat kiviainekappaleet reagoineet ja rikkoutuneet, kiviaineen reaktiopotentiaali suuri						
Näyte:	Rakenneosa / hiepinta:	Laatu:	Kunto:	Karbonatisoituminen min-max/ka. (mm):	Huokos-tus / huokos-täytteet	Rapautuneisuus / AKR:
TKO2	OSA1 majakkatorni / ulkopinta	välttävä	enintään tyydyttävä	ulkopinta 37-55/40	ei/ei merkittäviä	2 / I
TKO5	Seinien sisäpinnat ym. majakkatorni / sisäpinta	välttävä	enintään tyydyttävä	ulkopinta 72-76/75, sisäpinta 30-44/37	ei/ei	2 / I
TKO7	OSA2 taso / yläpinta	halkeamien osalta välttävä, muuten tyydyttävä	halkeamien osalta välttävä, muuten tyydyttävä	yläpinta 6-10/7, alapinta 8-33/16 (terästen kohdalla läpi)	ei/jonkin verran ettringiittiä	2 / I

Taulukko 4. Ohuthietutkimus

Taulukosta havaitaan karbonatisoitumisen eteneminen syvälle betonin sisälle. Betoninäytteen pintaan on suihkutettu fenoliftaleliiniliuosta, joka värjää karbonatisoitumattoman pinnan punaiseksi. Allaolevassa kuvassa betonissa fenoliftaleeniliuosta. Tasolta + 18,00 havaittiin hieman ettringiittiä, joka muodostuu betonin liiallisesta lämmöstä kovettumisen aikana. Ettringiittiä muodostuu betonin suojahuokosten seinämille aiheuttaen suojahuokosten tilavuuden pienenemistä. Suojahuokosten tilavuuden pienentyessä betonin pakkasen kestävyys heikkenee aiheuttaen rapautumista sekä huokosten täyttymisen vuoksi halkeamia ja säröjä betoniin.



Kuva 4. Karbonatisoitumisen tutkiminen betonista väriaineella.

3.3.2 Kloridipitoisuuksien määrittäminen

Rakenneosa	Näytetunnus	Sijainti	Kloridipitoisuus [p -%]		
			0-20 mm	20-40 mm	40-60 mm
OSA 1	TKO1	ulkopinta	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	TKO2	ulkopinta	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	TKO4	ulkopinta	< 0,01	< 0,01	< 0,01
OSA 2	TKO7	yläpinta	0,04	0,08	0,04
SEINIEN SISÄPINNAT YM.	TKO3	sisäpinta	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	TKO5	ulkopinta	< 0,01	< 0,01	< 0,01
	TKO6	yläpinta	0,01	< 0,01	0,04

Taulukko 5. Kloridipitoisuuden määrittäminen

Kriittisen kloridipitoisuuden arvona pidetään 0,03-0,07%. Tästä havaitaan kloridipitoisuuksien olevan kriittisiä ylätasolla. Kloridit kiihdyttävät betonin terästen korroosiota. Kloridipitoisuutta on kasvattanut sen aikaiset pintakäsittelyaineet, jotka ovat päästäneet kloridia suojakerroksen läpi betonipintaan. Majakan maalipinta oli hilseillyt runsaasti, joka edesauttoi kloridin kulkua betoniin.

3.3.3 Betonipeite ja karbonatisoituminen

NÄYTE	PINTA	Betonipeite [mm]			Karb. [mm]			Karb. saavuttaa teräksiä [%]				
		min	max	ka	min	max	ka	nyt	10v	20v	30v	40v
TKO1	ulkopinta	68	98	89	54	71	66	0	9	9	9	18
TKO2	ulkopinta	63	94	82	33	55	40	0	0	0	0	0
TKO2	sisäpinta	31	82	61	43	60	50	33	33	40	47	47
TKO3	sisäpinta	58	94	72	22	32	28	0	0	0	0	0
TKO3	ulkopinta	71	88	80	15	34	29	0	0	0	0	0
TKO4	sisäpinta	33	73	57	19	34	27	0	0	0	0	0
TKO4	ulkopinta	39	86	67	7	65	32	0	0	0	0	0
TKO5	sisäpinta	17	54	36	30	85	63	100	100	100	100	100
TKO6	alapinta	14	47	26	-	-	50	100	100	100	100	100
TKO6	yläpinta	30	58	43	-	-	50	100	100	100	100	100
TKO7	alapinta	12	44	22	8	33	17	38	50	56	56	56
TKO7	yläpinta	43	83	61	2	10	5	0	0	0	0	0

Taulukko 6. Karbonatisoitumisen tilanne

Taulukon 6 tutkimustuloksista havaitaan suurta vaihtelua mittauskohtien välillä. Keskimääräisesti karbonatisoituminen on voimakasta ja betonipeitteissä on puutteita, joten karbonatisoituminen heikentää terästen säilyvyyttä erityisesti tasorakenteissa. Erityisesti tässä kohteessa löytyi runsaasti teräksiä, joiden päällä on ohut suojakerros betonia, joissakin ei lainkaan. Taulukkoon laskettu on arvioitu aika, jolloin karbonatisoituminen saavuttaa teräkset. Majakan yläosassa havaitaan majakan karbonatisoitumisen yltäneen betonirakenteen läpi. Näissä kohdissa on runsaiten halkeamia sekä terästen korroosiota. Betonilla on neutralisoitumisaika, jolloin luovutettu hiilidioksidi alkaa kertymään betoniin takaisin. Tätä voidaan hidastaa tai pysäyttää kokonaan tiiviillä betonikerroksella, tai pysäyttää kokonaan.

3.3.4 Betonin puristuslujuuskokeet

Taulukosta 7 nähdään suuret vaihteluvälit puristuskokeiden välillä ja heikot puristuskoe tulokset. Betonin ominainen puristuslujuus on 30-80 mPa.

Rakenneosa	Näytetunnus	Sijainti	Puristuslujuus [MPa], koekappale	Puristuslujuus [MPa], kimmovasara
MAJAKKATORNI	TKO1	ulkopinta	15,5	22,4
	TKO2	ulkopinta	23,3	25,3
	TKO4	ulkopinta	18,1	19,8
OSA 2	TKO7	ylä- ja alapinta	46,3	52,5
SEINIEN SISÄPINNAT YM.	TKO3	sisäpinta	56,1	48,7
	TKO5	sisäpinta	27,1	31,7

Taulukko. 7. Puristuskokeet

3.4 Korjaustoimenpiteet

3.4.1 Logistiikka

Majakan sijainti tuotti logistiset ongelmat, koska saaren alueen rannat ovat hyvin kivikkoisia, eikä lähelle pääse isolla veneellä. Myös majakan ympäristö oli lohkareinen ja siellä oli vaikea kulkea. Rakennuskohde sijaitsi natura-200-alueella, joka on lievempi muoto luonnonsuojelu-alueelle. Kaikki tarvittava materiaali kuljetettiin helikopterilla muutaman kilometrin päässä sijaitsevalta luotsiasemalta. Helikopterin kantokyky rajoitti materiaalin kuljetusta noin tuhanteen kiloon.

Pääurakoitsija huolehti työntekijöiden kuljetuksesta työmaalle läheisestä pienvenesatamasta. Veneväylää suojasi hyvin saaret, mutta tuulensuunnan ollen pohjoisesta tai etelästä, pienvenesatamasta pääsy oli ajoin vaikeaa. Kesällä olikin onneksi yksi tuulinen päivä, joka rajoitti lähtemistä. Syksyn myötä tuli pimeys ja syysmyrskyt, jolloin piti veneen keulaan piti lisätä painolastia yksin kulkiessa, ettei sivutuuli riepota venettä hallitsemattomasti pienellä väylällä kiville.

3.4.2 Telineet

Sisä- ja ulkopuolelle rakennettiin telineet sekä huputettiin ulkopuolelta suojaamaan työvaiheita tuulelta ja vesisateelta. Telineiden alle laitettiin peitteet helpottamaan jätteen talteenottoa. Telineet pääsivät ensimmäisessä myrskyssä pyörähtämään majakan ympärillä, jonka jälkeen telineet ankkuroitiin tönäreiden lisäksi majakan runkoon estämään pyörimisen.

3.4.3 Suunnitelmat

Tilaaajalle toimitettiin työaluesuunnitelmat ennen tavarantoimitusta työmaalle. Työvaihe ja laatusuunnitelma oli toimitettava 2 viikkoa ennen työvaiheen alkamista. Tästä joutui usein muisuttamaan alihankkijoita. Työvaihesuunnitelmien laatiminen oli hyvin tarkkaa valvojalle, koska huomioitavia asioita silko-ohjeissa oli huomattavasti ja pienimmätkin asiat oli kirjattava ja dokumentoitava.

3.4.4 Vaurioituneet betonin teräkset

Esillä olevat teräkset piikattiin esille 2,5 kertaa teräksen halkaisijan paksuuden verran ruostuneen teräksen alle ja tavoitteena oli edetä teräksen suuntaisesti, kunnes tulee ruostumatonta terästä. Tämä ei ollut mahdollista, koska ruostumatonta terästä ei löytynyt, joten terästä piikattiin esille riittävästi, kunnes vaurioitunutta betonia ei teräksen päällä ollut. Sektoriloisto hiekkapuhallettiin kauttaaltaan ja samalla puhallettiin myös esiin piikatut teräkset. Pinnat painepestiin makealla vedellä puhalluksen jälkeen. Teräksien päälle siveltiin kaksi kerrosta korroosionsuojalaastia (weber rep 05), jonka on vähimmäispeite 2 mm. Hiekkapuhalluksen jälkeen alkoi paljastumaan puun paloja betonin pinnasta, jotka piikattiin pois. Puisia välikkeitä oli käytetty valuvaiheessa majakkaa valettaessa ja jätetty valuun.

3.4.5 Hiekkapuhallus

Majakka hiekkapuhallettiin kauttaaltaan piikkaustöiden jälkeen, jolloin piikattujen terästen ruostein pinta saatiin puhdistettua. Hiekkapuhallushiekaksi oli määriteltä 0,5–1,2 mm. Hiekan talteenotto-prosentti oli 90 %. Sisäpuolen hiekkapuhallukseen aikaa kului alle viikko ja ulkopuoleen yli viikko. Ulkopuolen maalikerrokset olivat hyvin runsaita ja hiekkasuihku pääosin kimpoili kumimaisesta maalipinnasta pois. Pienellä suihkusuuttimella sai riittävän tehon, mutta alue, johon pienellä suuttimella kykeni, oli hyvin pieni.

3.4.6 Betonin halkeamat

Pienet halkeamat 0,2–0,8 millimetriä injektoidaan ylätasolta, sekä lattian tasolta. Lattiatason injektoinnin tavoite on antaa suoja kallioankkureiden korroosiosuojaksi. Injektoinnin täyttöaste on 80%, Jokaista kymmentä injektointimetriä kohden otetaan yksi poralieriönäyte, josta analysoidaan riittävä halkeaman täyttyminen. +18 tasolla oli halkeamia huomattavasti enemmän kuin tutkimuksessa oli arveltu.

Ylätasolta injektointiin 2 metrin pituinen halkeama, koska muutoin tason injektoinnin työmäärä olisi ollut huomattavasti suurempi, eikä tilaaja tätä halunnut. Lyhyen halkeaman injektoinnista ei otettu poralieriönäytettä, koska koe olisi aiheuttanut enemmän vahinkoa korjatulle halkeamalle. Halkeamat ylätasolla injektointiin epoksilla (Mapei Im-p). Injektoinnin olisi voinut toteuttaa imeyttämällä, koska halkeama näkyi selvästi. Imeyttämistä käytetään esimerkiksi silloissa halkeamien täyttämässä. Imeyttäminen on huomattavasti nopeampi verrattaessa, jos

porataan reiät halkeaman sivulta ja pyritään saamaan reikä osumaan pieneen halkeamaan, johon asetetaan mansetti ja pumpataan paineella epoksia, kunnes epoksi täyttää halkeaman pintaan saakka.

Loiston juuri injektoitiin mikrosementillä. Juurestakin oli tarkoitus ottaa poralieriö näytteitä täytön varmistamiseksi, mutta tämäkin peruttiin, koska oletettiin näytteiden aiheuttavan enemmän vahinkoa korjatulle alueelle. Mikrosementti valittiin injektointiaineeksi, koska epoksi valuu koloista, joista vesikään ei pääse läpi. Kalliossa oletettiin olevan halkeamia, joihin epoksia olisi mennyt litroittain, mikä olisi lisännyt kustannuksia huomattavasti. Loiston juureen porattiin 10 cm:n korkeuteen 60 asteen kulmassa reikiä, kunnes saavutettiin kallion pinta. Reikiä porattiin 50 cm:n välein. Injektoinnin tavoite oli suojata kallioankkureita, joilla loisto on ankkuroitu kallioon kiinni. Halkeamia ei huomattavasti ollut, koska mikrosementin menekki oli sama kuin porattujen reikien koko. Mikrosementti-injektointi eroaa epoksi injektoinnista vain käytävältä massaltaan sekä laitteiston koolta. Injektoinneista täytettiin injektointipöytäkirja.

3.4.7 Purkutyöt

Vanhan ohuen välitason purku. Välitaso puretaan paloissa pois, koska telineiden suositeltu kuormitus on $1,5 \text{ kn/m}^2$. Purku tapahtuu holvisahalla paloitlemalla purettava betonitaso käsisiiirreltävän kokoisiin paloihin, jotka siirretään ikkunasta ulos telineille ja lasketaan vinssillä maahan. Pölyämisen estämiseksi sahaamisessa käytettiin vettä sitomaan pöly. Majakasta purettiin myös vanha kaasulla toimiva valolaitteisto ja maajohto.

3.4.8 + 18 tason muotitus ja valu

Tason + 18,00 kieltä levennetään kauttaaltaan 250 mm. Tarkoituksena, ettei valumavesi valu seinälle. U-teräksille porataan reiät ja sidontateräksiset injektoidaan hiltin re-500 massalla kiinni. U-teräksiin kiinnitettiin suoraa harjaterästä ulkoreunoihin limittämällä 800 mm. Lisäksi jäykistettiin sidonta haoilla teräksiä. U-terästen laadunvarmistuksesta laadittiin koputuskoe pöytäkirja.

3.4.9 Välitason muotitus ja valu

Puretun välitason tilalle jatketaan telineitä, puretaan välitason muotituksen alkaessa. Uudesta välitasosta valettiin paksumpi. Uuden välitason paksuuden täytyi olla 180 mm. Väärin laskettu menekki jätti laatan paksuuden vajaaksi. Suunnittelijan ohje välitason valun on tehdä paksumpi, eli kokonaispaksuutta kasvatettiin 230 mm asti. Ennen lisävalua täytyi vanha pinta hiekkapuhaltaa. Tason raudoituksessa käytettiin suoraa mustaa harjaterästä. Harjateräksille porattiin reiät kahteen kerrokseen suorassa linjassa, jolloin harjateräket saatiin seinästä seinään kiinni ja injektoitua Hilti Re-500 massalla. Harjateräksille tehtiin koputuskoe ja laadittiin pöytäkirja. Välitason valu oli ongelmallinen, koska kohteelle ei saatu pumppuautoa, eikä tiedettävästi ole pumppua, jolla olisi saatu 8 mm:n kivi menemään betonipumpun mansetista läpi. Välitason kuivabetoni nostettiin vinssillä ylös ja sekoitettiin käsin laastisekoittimilla. Laastit kaadettiin ikkunasta tasolle. Betoni vibrataan valuvaiheessa ja pinta puuhierretään karheuden saavuttamiseksi, joka auttaa vedeneristelaastin tarttumista (Thorocrete SI). Vedeneriste nostetaan seinälle 100 mm.

3.4.10 Verkotus

Verkot kiinnitettiin hakoihin, jotka porattiin 500 mm:n jaolla. Työvaihe oli hidas toteuttaa, koska haat täytyi taivuttaa seinän toiselta puolelta injektoinnin jälkeen. Taivutuksessa käytettiin lihasvoimaa ja lekaa. Sidontateräksille suoritettiin koputuskokeet, tästä laadittiin koputuskoepöytäkirja.

Majakan seinille asennetaan haponkestävät teräsverkot kauttaaltaan sisälle 5#150 harjateräsverkko. Ulkopuolelle asennettiin 7#150. Harjateräksen alle jätetään 10 mm etäisyyttä ruiskubetonin vuoksi. Kierreportaisiin asennetaan alle ja sivulle haponkestävä-harjateräsverkko. Teräsverkolle tulee suuri hävikki, koska oviaukosta ei saa isoa verkon palaa tuotua ja limitys on yksi silmänväli. Verkot ankkuroidaan sideteräksiin, jotka on kiinnitetty niin ulko- kuin sisäpuolen teräsverkossa. Sidontahakojen lisäksi verkkoa ankkuroitiin apupojilla, ettei verkko pääse tärisemään ruiskutuksen yhteydessä aiheuttaen onttoja kohtia. Sisäpuolen verkoissa oli toimittajalla käynyt virhe ja heiltä oli saarelle lennätetty 4 mm verkkoa, mikä täytyi suunnittelijan mukaan pistää tuplana ja puolittaa silmien välit. 4 mm verkkoa käytettiin vain välitason yläpuoliseen seinään ja kattoon, koska välitaso oli purettuna ja verkon sai isompina paloina.

3.4.11 Valokojun tason työvaiheet

+ 18 tasolla sijaitsevan valokojun juuresta, sekä tasolta piikattiin rapautunut betoni. Taso hiekkapuhallettiin myös kauttaaltaan. Tason epätasaisuudet piikataan tarvittaessa. Korjauslaastin alle laitetaan tartuntalaasti (weber rep 05) kostutetulle pinnalle, joka harjataan ristiin tavoitteena täyttää kaikki kolot. Korjauslaastilla (weber rep 45) tasoitetaan suuremmat kolot yli 3–8 mm. Alle 3 mm:n kolot korjataan tasoitelaastia (weber rep 970) käyttäen. Tasoitelaasti levitetään tartuntalaastin päälle märkää märälle periaatteella. Pinta puuhierretään ja harjataan. Paikat, joihin vesi lammikoitui, paikattiin laastilla. Laastipaikkauksista pidettiin pöytäkirjaa ”By 405”, jossa seurattiin vesisementtisuhdetta. Laastipaikkauksien tartuntavaatimuksena oli 1,5 mPa. Laastipaikkojen vetokokeet ylsivät 1,49 mPa. Murto tapahtui 50 % paikkalaastissa ja 50 % vanhassa betonipinnassa. Kuvassa betonipinnan vetokokeen murtopinnat. Poraussyvyys oli 15 mm. Tasolta olisi täytynyt ottaa tutkintavaiheessa huomattavasti suurempi otanta vetokokeita, eikä tyytyä ensimmäiseen vetokokeeseen, jotka on yli 1.5 mPa. Taso pinnoitetaan yksikomponenttisellä, elastisella UV-säteilyä kestäväällä pinnoitteella (Hermapur 1108). Hermapurin alle tulee tartuntaliima monopex, jonka päälle levitetään hermapur 6–24 tunnin kuluessa. Pinnan ollessa vielä kostea, sirotellaan liukkauden esteeksi pölytöntä erikoishiekkaa (#1.5–2.5 mm). Pinnoitteen kuivuttua ylimääräinen hiekka imuroidaan tasolta.



Kuva 5. Betonipinnan vetokokeen murtopinnat.

3.4.12 Teräsosien maalaustyö

Valuteräksinen sektoriloiston koju hiekkapuhallettiin kauttaaltaan. Maalina käytettiin Teknos Inerta Mastic Miox pohjamaalina. Pohjamaali siveltiin kahteen kertaan. Pintamaaliina

käytettiin Teknos Teknodur 0050. Maalauksesta täytettiin seurantakortti, johon kirjattiin maalien valmistuserät, maalausajat ja maalausajkojen lämpötila, pinnanlämpötila, kastepiste ja kosteusprosentti.

3.4.13 + 0.20 Taso

Loiston lattiasta tasolta +0,20 löytyi irronnutta betonia koputuskokeella. Irronnut betoni piikataan irti riittävältä etäisyydeltä, kunnes ei kopoa löydy. Tämä korjataan käyttäen yllä olevien ohjeiden mukaisesti korjauslaastia. Lattiaan tehdään kaadot käyttäen korjauslaastia ja pintaan tasoitelaastia. Lattiat kallistetaan yhteen kohtaan pyöreän lattian reunaa, johon porataan vedenpoistoputkille reiät. Putkena käytetään ruostumatonta aisi 316 putkea. Lattian pintaan tehdään vedeneriste nostaen seinälle 100 mm (Thorocrete SI).

3.4.14 Ilmanvaihdon parantaminen

Vanhat ilmanvaihtoputket korvataan haponkestävillä-putkilla. Vanha puinen ovi korvataan myös merialumiini ovella, jossa on tuuletusventtiili oven alaosassa. Ilmanvaihtoa auttaa välitasolle kulkuaukkoon asennettava ritilä, joka päästää ilman vaihtumaan majakan yläosassa sijaitsevien ilmanvaihtoputkien kautta ulos. Iv-putkien asennussuunnitelma oli piikata seinään reikä, josta iv-putket saisi työnnettyä laippojen kanssa läpi. Putken ympärille olisi pitänyt laittaa injektointiletku ja paikata paikkalaastilla. Paremmaksi vaihtoehdoksi nähtiin porattavan putkille timanttioralla reiät. Putkista rälläköitiin laipat ja hitsattiin takaisin, kun putki oli työnnetty poratun reiän läpi. Porattuihin reikiin tehtiin timanttilaikalla urat, joihin saatiin ilmanvaihtoputkien laipat estämään putken pyörimisen. Putket injektointiin injektointimassalla. Tämä työvaihe toteutettiin ennen ruiskubetonointia, että saatiin peitettyä injektointisaumat ruiskubetonin alle.

3.4.15 Ruiskubetonointi

Tarkoitus oli alun perin myös paikata majakan rungosta löytyvät kolot laastilla käsin. Hiekka-puhalluksessa selvisi suuri määrä massiivisia koloja työsaumoista, jotka päätettiin korjata ruiskubetonimalla, koska käytettävä kuitupitoinen ruiskubetoni on huomattavasti kovempaa ja lopputulos on kestävämpi kuin käsin paikattuna. Ruiskubetonina käytettiin silko-hyväksyttyä weber 5k50 kuitubetonia.

Ruiskubetonoinnilla lisätään 45 mm ulko- ja sisäpuolelta, yhteensä 90 mm. Ruiskubetonoinnissa haasteen luo majakan pyöreä muoto, jota varten tehdään ohjurilaudat ja jäykät muoviputket seuraamaan muotoa. Ruiskubetonointi suoritetaan kuivaruiskutuksena. Kuivaruiskutuksen etuna on suurempi määrä suojahuokosia, mikä suojaa betonia halkeamilta. Kuivaruiskutuksen haittana on huomattavasti suurempi betonin hukkaprosentti. Ulkopuolen betonointiin ilman hukkaa laskennallisesti kuluu kuivabetonia 40 m^3 , hukka huomioiden ulkopuolen ruiskubetonointiin kului 90 m^3 kuivabetonia. Ulkopuolen runsas betonimäärä aiheutui väärin asennetuista verkoista, jotka olivat seinästä huomattavasti enemmän kuin 10 mm. Keskimääräinen betonin paksuus ulkopuolella 60 mm.

Betonipinnalle oli annettu toleranssiksi 10 mm heitto 2 metrin matkalla. Tästä tehtiin pöytäkirja työvaiheen valmistumisen jälkeen, johon kirjattiin esiintyneet vähäiset poikkeamat. Betonoinnista pidettiin pöytäkirjaa ”By 408”, josta näkyy käytetty vesisementti suhde.

Pinnalle vaadittiin puuhierto, joka ei nostata kiviä pinnalle, kuten olisi sienihieronta tehnyt. Valmiille puuhierrotylle pinnalle tehtiin koputuskoe, josta laadittiin pöytäkirja. Koputuskokeessa havaittiin yksi kopo kohta majakan alaosaan. Kopo piikattiin pois ja ruiskubetonointi uudelleen.

Ruiskubetonointi oli suunniteltu hoituvan kahdessa viikossa aliurakoitsijan mielestä. Työ venyi useampaan kuukauteen ja ruiskubetonointia tehtiin vuorokauden ympäri viikonloput mukaan lukien. Useamman ruiskubetonointi ryhmän työskentelyssä tasalaatuisen lopputuloksen onnistuminen oli hyvin haastavaa.

Ruiskubetonoinnista tehtiin työnaikaista laadunvalvontaa kokeilla ja seurannalla, jossa seurattiin työvuoro kohtaisesti veden ja kuivabetonin kulutusta, sekä ruiskubetonoinnin alussa ja lopussa otettavat kokeet, jotka sisälsivät:

-Puristuslujuus

-Tiheys

-Karbonatisoitumisnopeus

-Kutistuma

-Pakkasenkestävyys

Kutistumakokeessa käytettiin erillistä muottia, joka täytyi vuorokauden kuluessa betonoinnista toimittaa laboratorioon. Muut kokeet pystyttiin poraamaan lieriöporalla ruiskutuslaatasta. Laattoja tehtiin useampi silko-ohjeiden mittojen mukaisesti 500 x 500 x 100 mm.

3.4.16 Ulkopuolen pinnoitustyö

Sektoriloiston ulkopuolen pinnoitukseen käytetään kahta silko-hyväksyttyä tuotetta. Vedeneristyskerroksena Thorseal Fx 110, joka hidastaa veden ja meri-ilmaston vaikutuksia betoniin. Raudoituksen korroosiotahan tässä ei tarvinnut pelätä, koska rauditus on ruostumaton terästä. Pinnoituksesta ja maalauksesta tehtiin koealat erillisille alustoille, jotka hyväksytettiin ennen työvaiheen alkua.

Vedeneriste rapattiin esikostutetulle pinnalle ja levitettiin lastalla yhdensuuntaisin vedoin ja harjattiin perästä vaakasuunnassa (kerrospaksuus 1 mm). Toisen kerroksen rappaus saatiin aloittaa ylhäältä heti, kun rappaus oli saatu alhaalla valmiiksi. Toinen laastikerros harjattiin pystysuunnassa. Harjauksella varmistettiin huokosten täyttyminen ja tarttuminen betonipintaan. Rappaus toteutettiin ylhäältä alaspäin, jotteivät roiskeet jää valmiille pinnalle.

Thoroseal fx 110 käytetään valmistajan komponentteja osa A. Ja osa B. Eli vettä ei käytetty lainkaan. Laasti oli tarkoitus levittää laastipumppua käyttäen, mutta kyseinen laasti oli suhteellisen jäykkää aiheuttaen jatkuvan ruiskusuuttimen tukkeutumisen ja painavan letkun siirtely telineillä oli kömpelöä. Lopputuloksena letku tukkeutui ja laasti rapattiin käsin seinälle. Vedeneriste sai kuivua viikonlopun yli ennen maalausta. Maalina käytettiin silko-hyväksyttyä thorolastic s, joka on suunniteltu karbonatisoitumista hidastavaksi värilliseksi pinnoitteeksi teräsbetonille. Maalin kuivuttua sektoriloiston rungosta otettiin kolme pinnan vetokoetta, joiden vaatimus on 0,8 mPa. Vedeneristelaastista laadittiin pinnoituspöytäkirja.

4 AIKATAULUTUS JA TYÖN TOTEUTUS



Korsön sektoriloiston korjaus

Alustava aikataulu v.3.0

Viikko	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
		Kesäkuu				Heinäkuu				Elokuu				Syyskuu					
Helikopteri kuljetukset	Heliwest oy																		
Telinytöt sisäpuoli	Kymsol oy																		
Telinytöt ulkopuoli	Kymsol oy																		
Sisätason purku, uuden muotitus ja valu	Jiiteytyt oy																		
Betoniraidoitusten korjaus	Jiiteytyt oy																		
Sektoriloiston puhallus (sisä- ja ulkopuoli)	Jiiteytyt oy																		
Tason +18 muotitus, raudoitus ja valu	Jiiteytyt oy																		
Sektoriloiston Raudoitusverkot (sisä- ja ulkopuoli)	Jiiteytyt oy																		
Rb (sisä- ja ulkopuoli)	Jiiteytyt oy																		
Ikkunat, valut, pinnoitukset ym.	Meritaito																		
Teräsosien asennus	Jiiteytyt oy																		
Maalaustyöt																			
Viimeistelytyöt																			

Taulukko 8. Työmaan aikataulu

Työvaiheiden toteutus kuului pääosin alihankkijoille, kuten taulukosta 8 aikataulusta näkyy. Alihankkijat käyttivät omia alihankkijoitaan, joita oli käytössä pääosin kaksi rakennusmiestä tekemässä kaikki työvaiheet ennen ruiskubetonointia, pois lukien betonivalut, joihin osallistui viisi rakennusmiestä.

Välitason ja + 18,00 tason kielen levennyksen raudoitukseen tuli raudoittamiseen erikoistuneet alihankkijat, koska raudoitettavat kohteet olivat haasteellisia myös muotituksen osalta. Kielen levennyksen muotitus oli erityisen haastava pyöreän muodon ja vähäisten tukien vuoksi. Raudoitustyöhön aikaa kului 5 työpäivää.

Ruiskubetonointiin suunniteltiin kuluvan kaksi viikkoa yhtä työvuoroa käyttäen. Sektoriloiston pyöreä muoto ja tarkat toleranssit yllättivät ruiskubetonointiryhmän aiheuttaen työn viivästy- mistä yli kuukaudella.

Ruiskubetonointiryhmä koostui kolmesta rakennusmiehestä. Yksi oli ruiskuttaja, joka ruiskutti betonimassan seinään. Ruiskuttajan työ oli ryhmän vaativin tehtävä. Hänen täytyy silmä- mää- räisesti arvioida vesisementti sääten vesi sekoittumaan ruiskun päässä esikostutettuun be- tonimassaan, sekä varmistaa betonin täyttyminen kauttaaltaan koloihin ja riittävän paksun

betonikerroksen. Betonipumpulla työskenteli kaksi rakennusmiestä, joista toinen kantoi valmisbetonia sekoittimeen ja toinen käytti esikostutinta, mikä pumppasi kostutetun massan paineilmakäyttöiselle betonipumpulle. Betoniruiskutustyötä tehtiin noin 5 m² kerrallaan valmista betonipintaa. Kyseisen määrän ruiskutettuaan ryhmän muut rakennusmiehet osallistuivat betonipinnan hiertoon, sekä mittatoleranssien täyttämisen toteuttamiseen.



Kuva 6. Ulkopuoli valmis.

5 KUSTANNUSTEHOKKAAMPI TOTEUTUS

Tässä osiossa pohditaan eri työvaiheiden tehokkaampia toteutustapoja sekä työvaiheita, joita voidaan tehdä yhdenaikaisesti muiden työvaiheiden kanssa. Työjärjestys on otsikoituna aloitustyövaiheista viimeisiin työvaiheisiin. Työvaiheiden kohdalla perustellaan, miksi työ on fiksuinta tehdä siinä vaiheessa, niin työturvallisuuden ja mahdollisimman tehokkaan työskenteilyn kannalta. Työturvallisuudessa on huomioitu, ettei työskennellä päällekkäin samanaikaisesti sisäpuolella tai ulkopuolella. Työturvallisuusriski on huomattava, mikäli ylemmältä tasolta tippuu esine alla työskentelevän päälle.

5.1 Materiaalin lennätys työkohteelle

Työn suorittamiseen osallistui kaksi alihankkijaa. Ennen työmaan aloitusta alihankkijoiden oli laskettava kiloissa työkohteelle lennätettävä määrä. Tämä olisi ollut fiksumpi tehdä 1000 kg yksittäiskuormia, koska on turha lennättää vajaita kuormia.

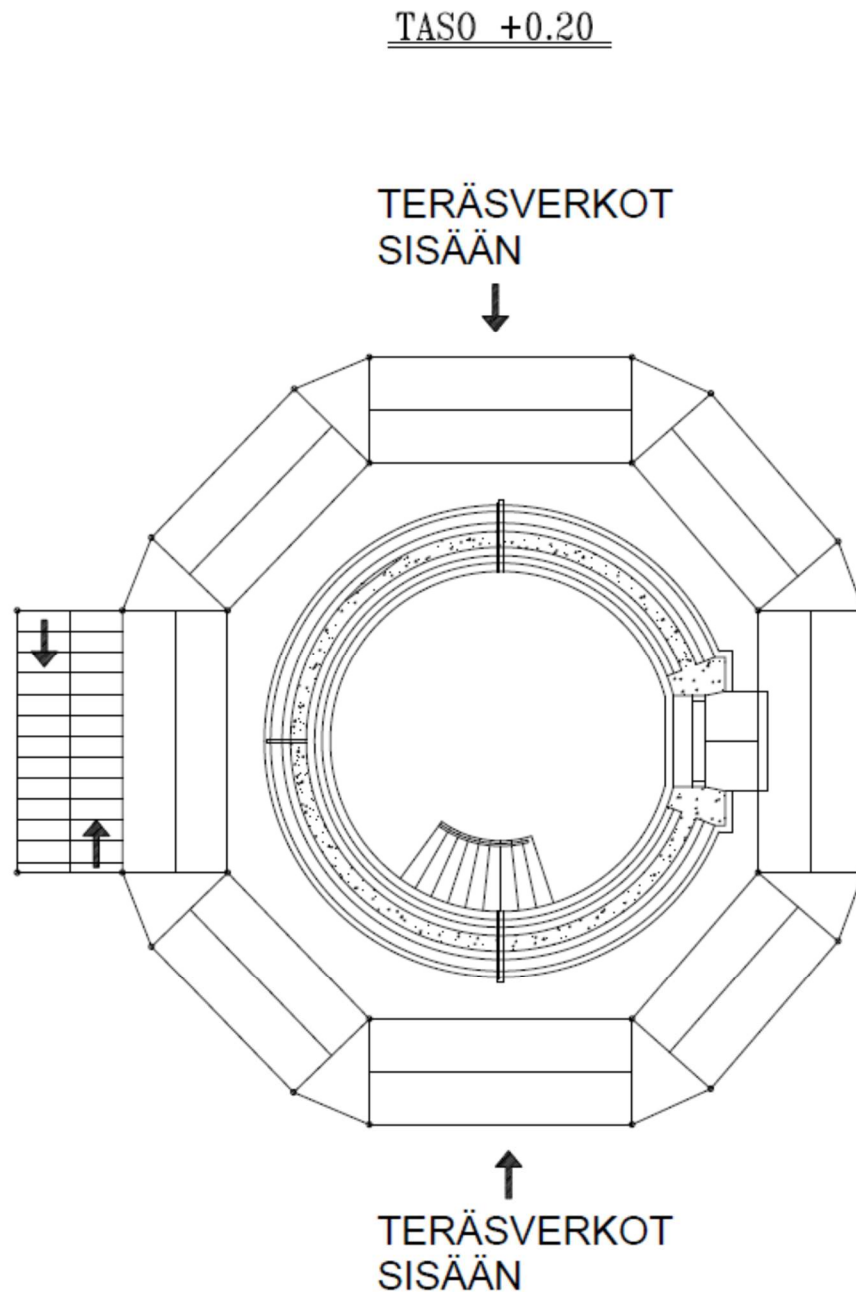
Lentämisestä vastaavan yrityksen osalta oli käynyt virhe hinta-arvion antamisessa. He olivat laskeneet 300 % liian pieneksi lentokerrat.

5.2 Telineetyöt sektoriloiston sisälle

Telineiden pystytys sisäpuolelle tapahtui saman aikaisesti, kun saarelle lennätetään helikopterilla kuormia ja seuraava työvaihe voidaan aloittaa sisällä heti telineiden pystyttämisen ja tarkastamisen jälkeen.

5.3 Telineetyöt ulkopuolella ja purkutyöt sisäpuolella

Ulkopuolen telineet kannattaa pystyttää ajatellen verkotustyötä, jolloin olisi tehokkainta saada mahdollisimman useasta paikasta verkko nostettua telineiden ja sektoriloiston seinän välissä. Verkolle on mahdollista saada kaksi nostoreittiä sektoriloiston sivuilla, kun huomioidaan kulukuväylä sektoriloiston ovelle ja porraskuilu loiston ulkopuolisilla telineillä. Alla olevassa kuviossa 2 on esitettynä telineiden toteutus.



Kuvio 2. Telinepiirustus

Telineiden pystytys ulkopuolelle kestää noin 3 päivää kolmelta rakennusmieheltä. Samanaikaisesti loiston sisäpuolella voidaan aloittaa purkutyöt. Purkutöihin sisältyy kaasulaitteiston, kierreportaiden kaiteiden, valokojun ikkunoiden ja rungon ikkunoiden poistaminen.

5.4 Piikkaustyöt ja hiekkapuhallus

Sisäpuolella voidaan aloittaa betoniterästen piikkaustyöt saman aikaisesti ulkopuolen hiekkapuhalluksen kanssa. Rungon ikkuna-aukkojen kohdalla on huomioitava, ettei saman

aikaisesti työskennellä saman ikkuna-aukon kohdalla, jottei hiekkasuihku osu sisäpuolella työskentelevään. Hiekkapuhallus on hyvä aloittaa alhaalta, jolloin sektorin juuri saadaan puhallettua ilman ylimääräistä hiekan poistamista. Puhallus kannattaa suorittaa kuivapuhalluksena rajallisen vesimäärän vuoksi, sekä teräsosia puhaltaessa puhalletut teräkset eivät pääse ruostumaan. Hiekkapuhalluksen aikana on kiinnitettävä huomiota riittävään ilman kiertämiseen, joka edistää näkyvyyttä. Työskenneltäessä ulkona ja sisällä ei ole riskiä esineiden tippumisesta alempana työskentelevän päälle.

Ulkopuolen hiekkapuhallustyöhön kului viikko, koska ulkopuolen maalina oli käytetty pikimaalia, josta hiekkasuihku kimpoili pois. Työhön riittää kaksi rakennusmiestä. Sisäpuolen piikkaustyöhön kului aikaa myös viikko runsaiden teräsvaurioiden vuoksi. Piikkaustyöt, hiekkapuhallus toisinpäin ja teräsosien maalaus

Tässä työvaiheessa työryhmät vaihtavat puolia jatkaen samoja töitä. Näin poistetaan riski päällekkäin työskenneltäessä. + 18 tasolla maalaustöitä suoritettaessa poistetaan tasolta kaikki ylimääräinen materiaali, joka aiheuttaa putoamisriskin.

Sisäpuolen hiekkapuhallukseen aikaa kului kaksi päivää ja ulkopuolen piikkaustyöhön saman verran vähäisten betoniteräsvaurioiden vuoksi. Hiekkapuhallus tehdään myös sisällä sijaitseville kaksille terästikkaille, jotka maalataan.

Valokojun maalaus kannattaa suorittaa pikimmiten hiekkapuhalluksen jälkeen, jolloin minimoidaan teräksen ruostumisen riski, jolloin koju täytyisi hiekkapuhaltaa uudestaan. Koska sisäpuolella suoritetaan hiekkapuhallusta, täytyy ilma saada kiertämään ylhäältä alas, jolloin ehkäistään pölyn pääseminen maalattavaan kohteeseen. Myös hiekkapuhalletut terästikkaat nostetaan ylätasolle, jolloin minimoidaan raskaiden tikkaiden turha siirtely ja saadaan maalattua ne samassa tilassa valokojun kanssa.

Valokoju maalattiin pensselillä ja telalla. Valokojussa oli runsaasti epätasaisia kohtia, jotka hidastivat maalaamista huomattavasti. Työn kesto on viikko yhdeltä maalaajalta.

Tehokkaampi maalaustapa ja tasalaatuisempi lopputulos saavutettaisiin käyttämällä suppiloruiskua. Vaikka maalina käytetään kaksikomponenttimaalia, saadaan hyvällä pesulla pidettyä maaliruisku toimivana ja puhtaana.

Heti hiekkapuhallustyön jälkeen olisi ollut järkevää tehdä laadunvarmistuksessa vaaditut betonipinnan vetokokeet + 18,00 ja + 0,20 tasoille, jolloin olisi välttytty turhalta lattian kuivaamiselta, joka tapahtui sisätilan pesun yhteydessä. Tästä syystä tutkijan täytyi käydä ylimääräisen kerran suorittamassa betonipinnan vetokoe.

5.5 Korroosion suojaus ja siivous

Hiekkapuhalluksen jälkeen on kaikki betoniteräkset paljastuneet ja hiekkapuhallettu ruosteesta ja piikkauksen jälkeen paljastuneet vähäiset teräkset puhdistettu teräsharjalaikalla. Teräkset käsitellään korroosionsuojalaastilla kahteen kertaan. Myös työvaiheista kertynyt jäte kerätään talteen pölynhallinnan vuoksi. Pölynhallinta on tärkeää purkutyössä, koska on todettu myös kivipölyn aiheuttavan syöpää. Tähän työvaiheeseen kuluu aikaa yhdestä kahteen päivää.

5.6 + 18 taso ja välitaso

+ 18 tason levennykselle on suotuisin hetki tehdä raudoitus ja muotitustyö huomioiden ulkopuolen verkotustyö, koska betonimuotti vaatii tukia sektoriloiston seinästä. Tämän työvaiheen jälkeen voi verkotuksen tehdä kerralla. Tämä työvaihe toteutettiin verkotuksen jälkeen, jolloin täytyi jättää muotin tuille tilaa ja tehdä verkotus myöhemmin loppuun.

Välitason purkutyöt on hyvä tehdä samanaikaisesti, koska vältetään päällekkäin työskenteilyä. Välitason purkamisen jälkeen täytyy nostaa riittävä määrä teräsverkkoa ennen muotitusta, jolloin verkot saadaan isompina paloina ylös. Verkot ripustetaan seinille pois seuraavan työvaiheen tieltä.

Molempiin työvaiheisiin kuluu arviolta kaksi päivää ja molempien työryhmien vahvuus on kaksi rakennusmiestä.

5.7 Välitason raudoitus ja + 18 tason injektointi

Tässä on huomioitu mahdollisesti käytettävä alihankkija raudoitus- ja muotitustyössä, jolloin hän voi siirtyä + 18 tason raudoitustyöstä välitason raudoitukseen. Välitason raudoitukseen aikaa kuluu kahdelta rakennusmieheltä noin kolme päivää.

+ 18 tason halkeamien injektointi ja laastipaikkaukset on hyvä tehdä samanaikaisesti välitason raudoituksen kanssa, koska vältetään päällekkäin työskentelyltä ja injektoinnissa tärinä välitasolta ei yllä + 18 tasolle, joka mahdollisesti voisi haitata injektoinnin laatua. Mikäli tason injektointiin kuluu vähemmän aikaa, kuin kolme päivää, voi injektointiryhmä siirtyä sektoriloiston juureen aloittamaan poraustyöt mikrosementti-injektointia varten. Tason injektoinnin jälkeen olisi ollut hyvä tehdä laastipaikkaukset, jolloin laasti olisi saanut kovettua vaaditun 28 vuorokautta ennen betonipinnan vetokokeita.

5.8 Valutyöt ja +0,00 mikrosementti injektointi

Toteutettaessa nämä työvaiheet samanaikaisesti ei välttä enää päällekkäin työskentelystä, jolloin täytyy estää esineiden putoaminen alla työskentelevien päälle huomioiden, että potkulaudat ovat telineillä ja mahdollisesti vanereita hyödyntäen telineiden ja sektoriloiston välillä.

Työvaiheet ovat kustannustehokkainta toteuttaa näin riski minimoiden, mikäli käytetään alihankkijoita injektointityössä. Tällöin he voivat tehdä yhtäjaksoisesti omat työvaiheensa valmiiksi viikon aikana.

Mikäli juuren injektointia varten on ehditty poraamaan injektointireiät aikaisemmin. Tämä työvaihe vaatii kahdelta ihmiseltä noin päivän aikaa.

Valutöihin parempi ratkaisu on käyttää alihankkijaa, jolla on riittävä kalusto ja ammattitaito. Valut toteutettiin sekoittaen paljussa betoni, koska ei tiedetty olemassa olevaa betonipumppua, josta kyseinen betoni menee läpi. Tiedettiin olevan betonipumppuja, josta menee betonimassa raekooltaan 6 mm läpi, muttei käytettävä raekoko 8 mm. Valutyössä voitaisiin kuitenkin käyttää esimerkiksi BMS Alpha Cr betonipumppua, joka pumppaa maksimissaan 16 mm raekoon betonia 30 kerroksen korkeuteen saakka.

Paljuissa betonia valmistettaessa työ oli hidasta, betonin laatu ei pysy tasaisena ja se vaatii huomattavasti enemmän työntekijöitä kuin käytettäessä betonipumppua.

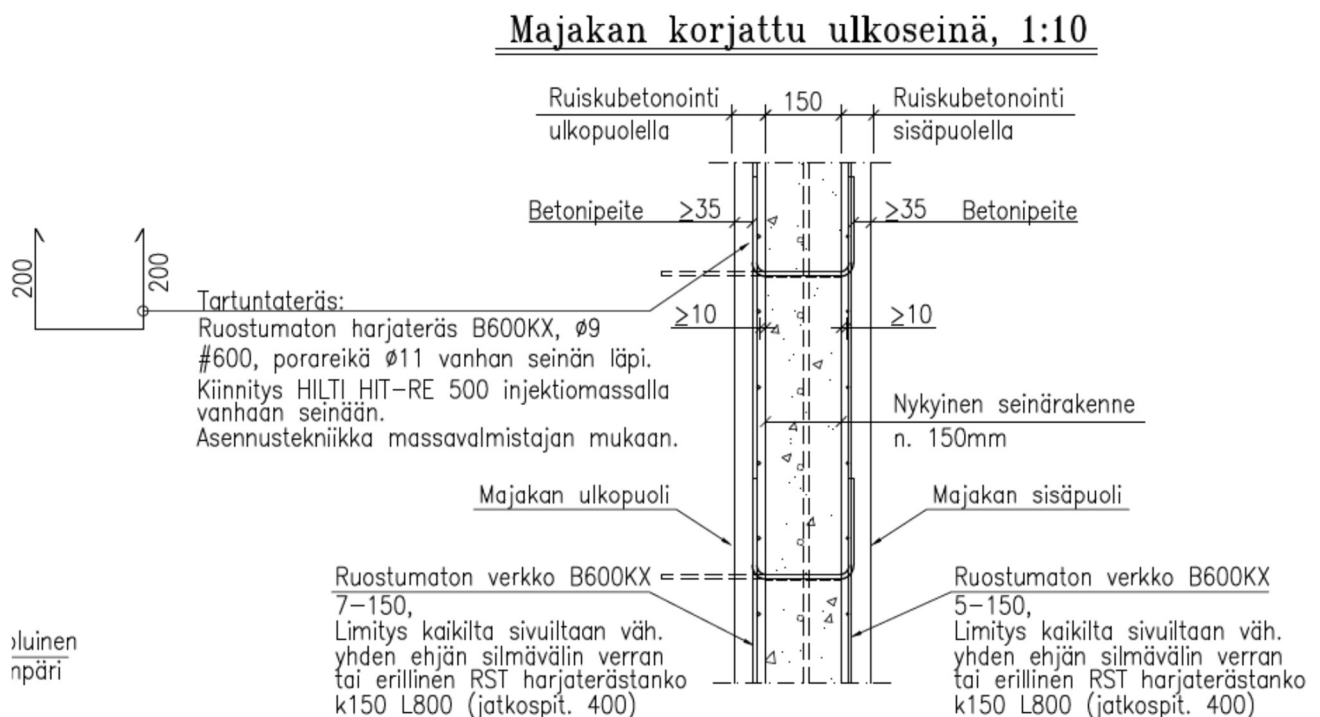
Valutyöhön vaaditaan neljä rakennusmiestä. Kaksi valutyöhön, jossa toinen levittää betonia ja toinen vibraa betonimassan perässä. Valutyön valmistuttua hiertotyöhön riittää kaksi ihmistä. Kaksi rakennusmiestä on betonipumpulla, josta toinen on koneen käyttäjä ja toinen kantaa massaa koneessa olevaan sekoittimeen. Saman päivän aikana kyetään valamaan

+18,00 tason levennys sekä välitaso. Valutyöhön aikaa kuluu myös päivä. Valamiset on hyvä suorittaa loppuviikosta, jolloin betoni saa kovettua viikonlopun yli. Tässä on huomioitava betonin jälkihoito. Varmin tapa on levittää jälkihoitoaine ja laittaa muovit valujen päälle estämään nopean kuivumisen, joka aiheuttaisi halkeamia.

5.9 Verkotustyön aloitus

Verkotustyötä hidastavat huomattavasti sidontahaat, jotka täytyy taivuttaa verkon päälle. Kuvio 3 hahmottaa vaadittua toteutusta.

Haasteena oli Loiston epätasainen pinta ja verkon asennuksia korjattiin sisäpuolelta useampi viikko ja ulkopuolelle ruiskubetonia meni kaksinkertainen määrä lasketusta, koska verkot olivat liian kaukana seinistä.



Kuvio 3. Sidontahaat

Sidontahaat ovat L-muotoiset asennusvaiheessa ja taivutetaan injektoinnin jälkeen.

Sektoriloiston sisätilassa parempi ratkaisu on purkaa telineiden keskikonsolit pois ja nostaa verkot nosturia käyttäen tästä kuilusta. Ulkopuolella käytetään kuviossa 2 piirrettyjä reittejä

verkkojen kuljettamiseksi telineiden sisäpuolelle ja hyödyntäen nosturia, jolle voisi tehdä liukukisko telineiden yläpäähän.

Nostureita käytettäessä viiltohaavojen riski vähenee, työergonomia ja työn mielekkyys paranevat.

Verkotustyön varmin toteutustapa on nostaa verkot pystysuunnassa seinille ja kiinnittää ne yläpäistään muutamalla sidonta haalla, jolloin sidontahaat osuvat varmimmin verkkojen silmiin. Verkot surrataan muutamasta kohdasta yhteen tässä vaiheessa.

Tämä työvaihe vaatii neljältä rakennusmieheltä noin 14 työpäivää.

5.10 Sidontahakojen asennus

Kun kaikki verkot on saatu seinille, voidaan aloittaa loppujen sidontahakojen asennus. Sidontahakojen reikien poraus on hyvä tehdä sisäpuolelta, mikäli poraus tehdään ulkopuolelta saattaa porausreiät osua sisällä kiertäviin kierrerrappusiin.

Reikien porausten yhteydessä reikiin jää kivipölyä, mikä on syytä poistaa ennen injektointia paremman tartunnan vuoksi. Reiät puhalletaan paineilmalla puhtaaksi.

Riittävä injektointimassan täyttävyys on hankala toteuttaa injektoidessa reikää, johon asennetaan tartuntateräs, koska massa pyrkii toisesta päästä reikää ulos asennettaessa tartuntaterästä.

Massaa laitetaan noin puoli väliin reikää ja aletaan työntämään tartuntaterästä reikään saman aikaisesti levittäen massaa teräksen päälle, jolloin varmistetaan riittävä täyttyminen.

Sidontahaka täytyy saada vetojännitystä massan kuivumisen aikana, jotta sidontahaka vetää verkkoa riittävän lähelle seinää. Sidontahaan lukitsemisessa voidaan käyttää kiilalukkoa, jolla saadaan haka asettumaan oikeaan kohtaan.

Koska sidontahakoja tulee 500 millimetrin välein pysty- ja vaakasuunnassa, on asennettava määrä hieman alle 1000 kappaletta. Työvaiheeseen aikaa kuluu kahdelta mieheltä viikko.

5.11 Sidontahakojen taivutus, verkkojen asennuksen viimeistely ja makea pesu

Työ toteutettiin hakkaamalla lekalla teräkset 90 asteen kulmaan. Työ on hyvin hidasta ja raskasta, eikä työergonomiakaan ole parhaimmasta päästä.

Ergonomian ja mielekkyyden kannalta työ olisi paras toteuttaa koneella, mikäli raudoitustyöhön erikoistuneella yrityksellä on sellainen. Tutkittaessa soveltuvia taivutusvälineitä löydettiin ainoaksi mahdolliseksi taivutusraudan.

Yhdeltä rakennusmieheltä työhön kuluu arviolta viikko.

Hakojen taivuttamisen jälkeen voidaan verkot surrata verkkoihin kiinni käyttämällä ruostumatonta rautalankaa. Verkot surrataan vain vaakarautoihin.

Pelkät sidontahaat eivät riitä verkon riittävään kireyteen, jolloin verkko pääsee tärisemään ruiskubetonoinnissa aiheuttaen ilmataskuja. Tämä voidaan estää käyttämällä apupoikia, eli ohuempia harjateräksen pätkiä, jotka porataan 45 asteen kulmassa betoniin ja kiilataan verkkoa haluamaansa suuntaan. Tämän vuoksi verkot surrattiin vain vaakateräksistä. Verkon ollessa riittävän kireä ja oikealla etäisyydellä seinästä, voidaan verkot surrata useammista kohdista ja lukitsemalla liikkuminen surraamalla pystyteräksistäkin kiinni.

Tämä on pölyävä työvaihe, joka haittaa ruiskubetonin tarttumista pintaan. Sektoriloiston makea painepesu on veden rajallisen määrän vuoksi hyvä suorittaa ulkopuolelta, jolloin pesu toimii esikostuttavana ruiskutukselle.

5.12 Ruiskubetonoinnin laadunvarmistus

Ruiskubetonoinnin laadunvarmistus oli hyvin epäselvää jokaiselle. Tämä olisi täytynyt tutkia ja perehtyä kunnolla ennen ruiskubetonoinnin alkamista, koska työstä vaadittiin kokeita, joita ei voitu koelaatasta poratuille koelieriöille suorittaa. Kokeet vaadittiin ruiskutuksen aloituksesta ja lopetuksesta. Työllistävän kokeen toteutus oli kutistumiskoe, jolle tilattiin muotti labrocilta. Muottiin ruiskutettiin iltapäivästä betonimassa ja koekappale täytyi olla vuorokauden sisään toimitettuna Ouluun Labrocin laboratorioon.

5.13 Ulkopuolen ruiskubetonointi ja + 18,00 asennukset

Ruiskubetonointi on paras aloittaa ulkopinnasta, jolloin pinnoitustyö on mahdollista aloittaa aikaisemmin. Ennen ruiskubetonointia on tehtävä ikkunoille muotit.

Ruiskubetonoinnissa käytettiin puunpaloja välikkeinä, jonka päälle kiinnitettiin muoviputki. Muoviputkea käytettiin tulkkina saamaan pyöreä muoto.

Puisien välikkeiden irrottaminen betonimassan alta oli työlästä ja riski puusilpun jäämiselle betonin sisään suuri. Tästä syystä muovisien välikkeiden käyttäminen olisi ollut huomattavasti turvallisempi ja tehokkaampi tapa ja muoviset välikkeet olisi myös voinut jättää betonin sisään.

Ruiskubetonimassojen varastointi olisi ollut syytä pohtia tarkemmin. Kuivabetonit toimitettiin 1000 kilon suursäkeissä ja sijoitettiin ryhmittäin kolmeen kohtaan. Tämän sijaan säkit olisi ollut ergonomian kannalta parempi sijoittaa betoniruiskupumpun molemmille puolille ja pinota päällekkäin kahteen kerrokseen. Kuivabetoni siirrettiin ämpärillä esikostuttimeen, joten tällöin kannettava matka minimoitaisiin. Tällöin työturvallisuus paranee epätasaisessa maastossa liikkuessa. Betonin valmistuspisteelle on hyvä tehdä sääsuoja, joka suojaa koneita ja parantaa työn mielekkyyttä vesisateella työskenneltäessä.

Ruiskubetonointi suoritetaan kahdella kerroksella tavoitevahvuuden saavuttamiseksi. Ruiskutus aloitetaan alhaalta ja ylhäältä alaspäin tehdään valmista hierrettyä pintaa. Ruiskutuksen edetessä alaspäin voidaan asentaa valokojun ikkunat ja teräskateet, jolloin + 18 tasolla ei ruiskubetonoinnista irtoava kuitu pölise.

Ruiskubetonointi vaatii kolmelta rakennusmieheltä noin 3 viikkoa töitä.

5.14 Sisäpuolen ruiskubetonointi ja ulkopuolen pinnoitustyö

Ulkopuolen valmis ruiskubetoni vaatii viikon jälkihoidon, jonka jälkeen voidaan aloittaa pinnoitustyöt. Jälkihoidon loppuvaiheeseen osana pinnoitustyön esikostutusta on hyvä tehdä sementtiliiman poistokäsittely käyttämällä sementtiliiman poistoainetta ja voimavirralla toimivaa painepesuria, jolloin työvaiheesta voidaan jättää harjaus pois.

Pinnoitustyöhön varattiin vuokrakompura, tumac p18 laastipumppu. Tämä yhdistelmä oli epäkäytännöllinen ja kallis, koska vuokrakompura seisoj viikkoja tyhjänpanttina työmaalla. Painavan letkun siirtely telineillä oli hyvin raskasta ja hidasta, koska letku painoi paljon ja meni kier-teille alemmille telineille siirtyessä. Lisäksi käytetty thoroseal fx 110 oli hyvin jäykkää laastia.

Vedeneristepinnoite täytyy harjata laastin levittämisen jälkeen poistaakseen ilmahuokoset. Laastipumpulla rapatessa ongelmaksi tuli laastin liian nopea kuivuminen pumpussa sekä sei-nällä, jolloin harjaaja ei pysynyt ruiskuttajan perässä, eikä ruiskutusta voinut lopettaa ilman ruiskun tukkeutumista.

Parempi ratkaisu olisi käyttää vetreämpää silko-hyväksyttyä laastia sekä suppiloruiskua. Suppiloruiskulle riittää pienempi ilmantuotto kompuralta ja ruiskussa käytetään vain paineilmaa, jolloin siirreltävä letkukin on huomattavasti pienempi ja kevyempi siirreltävä telineillä työsken-neltäessä.

Maalaustyö toteutettiin telalla maalaamalla, johon kului viikko yhdeltä maalaajalta aikaa, koska maalaus jouduttiin suorittamaan kahteen kertaan riittävän maalipaksuuden saavutta-miseksi.

Suppiloruisku olisi tässä tapauksessa nopeampi ratkaisuna, huomioiden työn laatu ja mielek-kyys. Maalaustyöhön kuluisi yhdeltä ihmiseltä kaksi päivää koko maalauksen suorittamiseen.

+ 18 tasolle tuleva lattiapinnoite on turvallinen levittää tässä vaiheessa, kun tasolla on kaikki työvaiheet suoritettuna ja riski, että pinnoitetulle tasolle lentää laastia tai maalia on poistettu.

5.15 Sisätasojen laastipaikkaus

Tasolla + 0,20 havaittiin kopoa betonissa ja kallistusten olevan pielessä, jolloin mahdollinen vesi lammikoituu tasolle. Lisäksi kierreportaista oli murtunut paloja, jotka täytyi paikata.

Työvaihe on hyvin lyhyt ja kopon poisto ja kallistuvavu tehdä loppuviikosta Tällöin valu ja betonin korjaukset kerkeävät kovettumaan, eikä vaadi erillistä kulkureittiä. Valu ja paikkauk-set myös ehtivät kuivumaan ennen pinnoitusta.

5.16 Sektoriloiston ikkunat, vedenpoisto ja ovi

Sektoriloiston lasitiili-ikkunat ovat turvallisia asentaa tässä vaiheessa, koska ei ole ikkunoita sotkevia tai rikkovia työvaiheita jäljellä.

+ 0,20 tasolle voidaan porata vedenpoistoputkelle reikä, kun ei ole riskiä putken tukkeutumisesta valutyön yhteydessä ja tiedetään varmasti lattian lopullinen korkeus. Oven voi myös asentaa samassa yhteydessä.

5.17 Sisätasojen pinnoitus

Välitasolle, kierreportaiden yläpintaan ja lattiatasolle levitetään sementtipohjainen akryylipolymeripitoinen materiaali. Kierreportaissa on käytettävä vaneria estämään valuminen ulkoreunasta pois.

Työ tehdään ylhäältä alaspäin. Työn edetessä levitetään kostealle pinnalle pölytön erikoishiekka.

6 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutkia työkohteessa käytettyjä työmenetelmiä ja työjärjestystä. Kehittäen työturvallisuutta, kustannustehokkuutta ja työergonomiaa.

Työturvallisuuden osalta toteutettiin nolla tapaturmaa tavoite, koska työntekijät olivat kokeneita, eivätkä työskennelleet päällekkäin telineillä.

Työmenetelmissä on joiltakin osin kehitettävää, kuten työvälineissä, nostovälineissä. Tällaiset työmaat ovat hyvin harvinaisia, varsinkin infraltaan tämän kaltaiset, joita ei paljoakaan ole. Tästä johtuen ei hirveästi ole työvälineitä ja koneita olemassa haastaviin kohteisiin, joissa täytyy luoda uutta.

Työjärjestystä olisi ollut hyvä muuttaa joidenkin työvaiheiden osalta, jolloin välttyään liian matalilta lämpötiloilta ja saadaan laastit sekä pinnoitteet kuivumaan riittävästi oikeassa lämpötilassa laadunvarmistuskokeita varten.

Kustannustehokkuutta ja työergonomiaa olisi voitu parantaa tarkemmin mietityillä työvälineillä ja koneilla.

LÄHTEET

Suomen betoniyhdistys Ry. (2018). By 201 betonitekniiikan oppikirja 2018. By-Koulutus Oy.

Concrete solution. (i.a). hiilidioksidin sitoutuminen betoniin, <https://concretesolution.fi/karbonatisoituminen/>

Betonirakenteiden korjaaminen. Pyy, H. (2020). Betonirakenteiden kemialliset vauriot

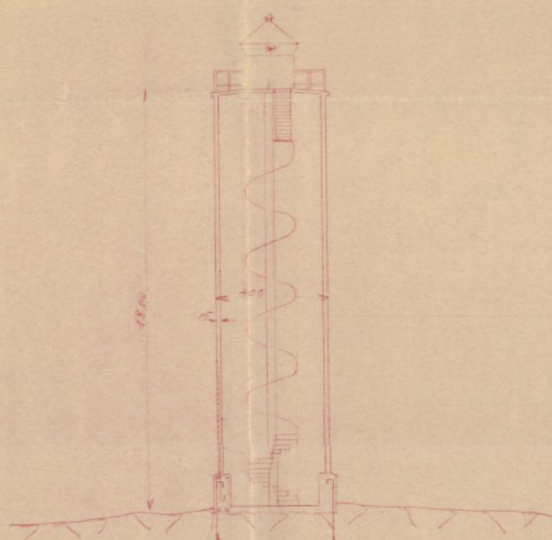
Infra. (i.a.). Purku ja kierrätys. <https://www.rakennusteollisuus.fi/INFRA/tietoa-alasta/Purku-ja-kierratys/>

Heilä, S (2021). Uusiomateriaaleja infrarakentamiseen. Rakennusinsinööri ja arkkitehti RIA, 54(3), 37–40

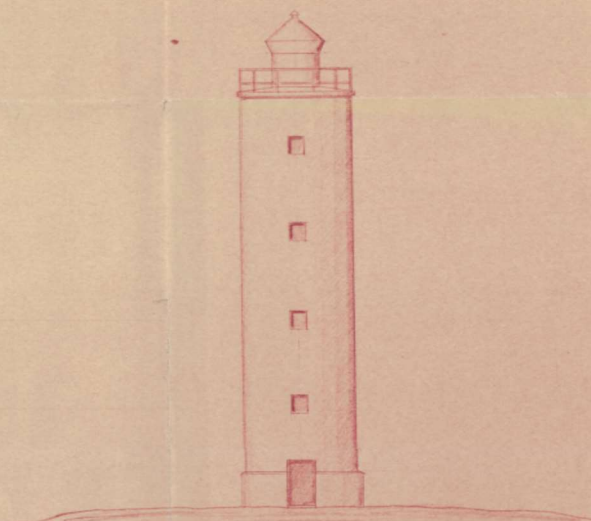
LIITTEET

Liite 1. Liite 6, T_813A_2330, Ehdotus Korsön johtoloistoksi

Liite 2. Liite 7, T_400_620, Korsön johtoloisto, Yleispiirustus



Betonisekoitus 12h+kiivä



103.000

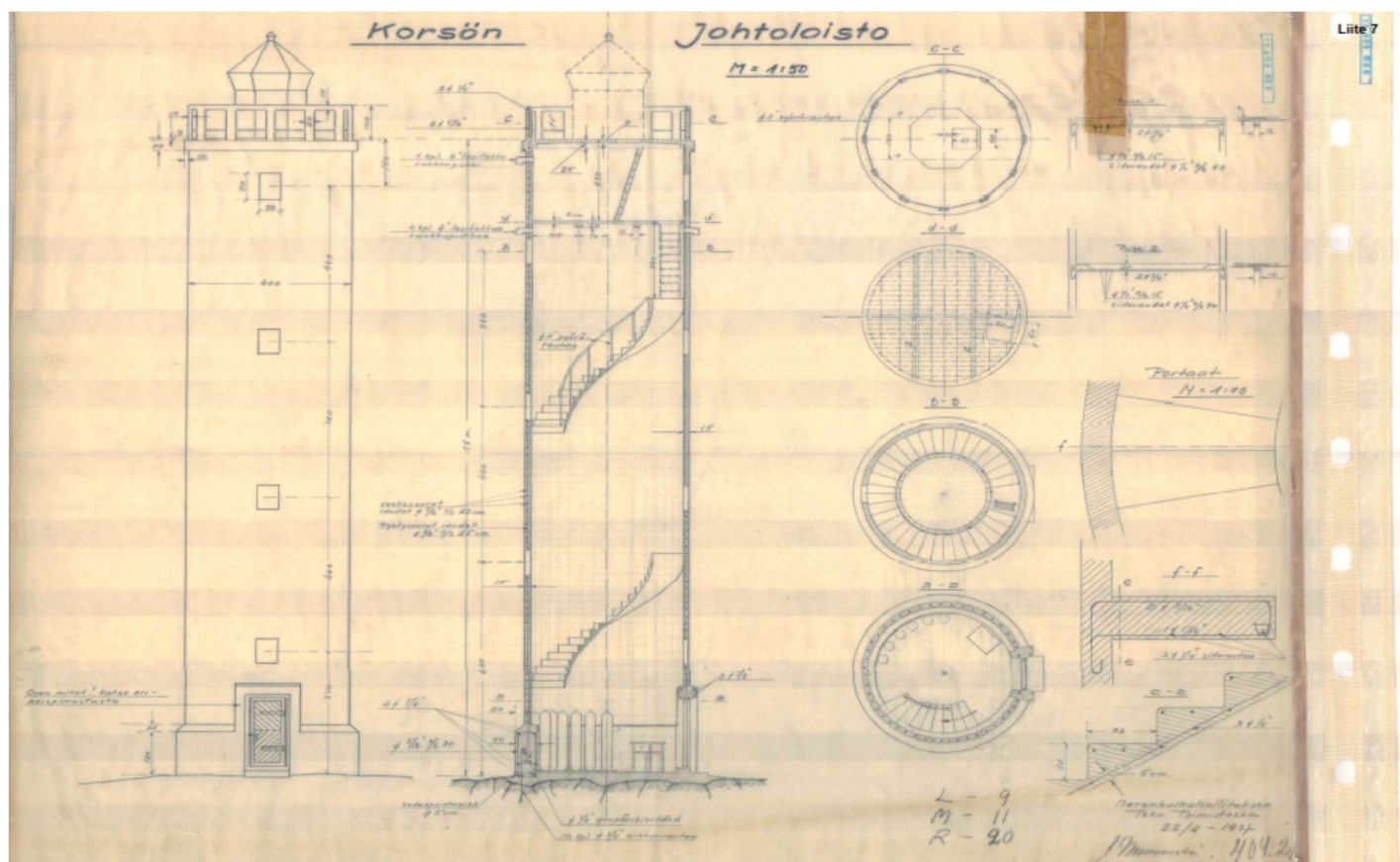
19
3
6

ALFRED A. PALMBERG Ing. Byg.					
MERENKULUKUHALIITUS.					
Ehdotus Korsön johtolaitoksi					
11100					
P	ALL	P.O.	Box	111	11100
		5149		111-37	08.

A22026:2330

13123

Liite 1. L Liite 1. Liite 6, T_813A_2330, Ehdotus Korsön johtoloistoksi



Liite 2. Liite 7, T_400_620, Korsön johtoloisto, Yleispiirustus