

Timo Karpov

# 1910-luvulla rakennetun kerrostalon tuuletusparvekkeiden kuntotutkimus ja korjaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (ylempi AMK)

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

10.5.2019

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Timo Karpov 1910-luvulla rakennetun kerrostalon tuuletusparvekkeiden kuntotutkimus ja korjaus 57 sivua + 7 liitettä 10.5.2019
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Korjausrakentaminen
Ohjaajat	Yliopettaja, Hannu Hakkarainen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä 1900-luvun alun asuinrakennuksille tyypillisiin, ratakiskoilla kannatettuihin parvekerakenteisiin ja parvekerakenteiden kuntotutkimusmenetelmiin sekä eri korjausvaihtoehtoihin. Tuloksia voidaan käyttää jatkossa yritystoiminnan kehittämisessä sekä ko. rakenteiden tutkimus- ja korjaussuunnittelupalveluiden tuotteistamisessa.</p> <p>Tavoitteena oli selvittää tutkimuskohteeksi valitun, 1910-luvulla valmistuneen asuinrakennuksen tuuletusparvekkeiden rakenteita kuntotutkimusmenetelmin sekä esittää vaihtoehtoisia korjaustapoja huomioiden kuntotutkimustulokset.</p> <p>Parvekerakenteiden kuntotutkimus suoritettiin betonirakenteiden kuntotutkimuksia koskevan ohjeistuksen mukaisesti kohteen erityispiirteet huomioiden. Tutkimusten tulosten analysoinnin perusteella päädyttiin uusimaan parvekerakenteet kokonaisuudessaan, ainoastaan alkuperäiset ratakiskokannattimet päätettiin säilyttää.</p> <p>Osana opinnäytetyötä kohteelle laadittiin tarvittavat rakennesuunnitelmat ja työselostus parvekerakenteiden uusimiseksi. Työssä on esitetty myös valittujen korjaustapojen eri työvaiheita valokuvien korjaustöiden ajalta.</p>	
Avainsanat	ratakiskoilla kannatettu parveke, betonirakenteiden kuntotutkimus, betonirakenteen korjaus

Author Title Number of Pages Date	Timo Karpov Early 20 <sup>th</sup> Century Residential Building`s Dustup Balcony Condition Survey and Renovation 57 pages + 7 appendices 10 May 2019
Degree	Master`s Degree in Civil Engineering
Degree Program	Civil Engineering
Professional Major	Renovation
Supervisor(s)	Principal Lecturer, Hannu Hakkarainen
<p>The purpose of this thesis was to become familiarize in the typical early 20<sup>th</sup>-century residential buildings, the railway steel supported balcony structures and the condition survey methods along with alternative repairment methods of balcony structures. The results can be used in the future in business development as well as productization on the survey and repairment services.</p> <p>The objective was to examine the year and the period of 1910 finished residential building dustup balcony structures with condition survey methods and to propound alternative repairment methods considering condition surveys results.</p> <p>The balcony structures condition survey was performed according to general guidelines of concrete structure condition survey considering the characteristic of the research subject. Based on the analysis of the condition survey results, it was decided to renew the balcony structures. Only the original railway steel supporters were retained.</p> <p>As part of this thesis, the necessary structural plans and working schedules were created for the balcony structures renovation. This thesis also includes photographs from the different work stages of the renovation.</p>	
Keywords	balcony, condition survey of railway steel supported balcony, renovation of concrete structure

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Historiaa	2
2.1	Betonirakentamisen historia	2
2.2	1900-luvun alun asuinrakennuksien parvekkeet	6
3	Kuntotutkimus	10
3.1	Yleistä	10
3.2	Julkisivu- ja parvekerakenteiden tutkimisessa huomioon otavat erityispiirteet	11
3.3	Betonirakenteen vaurioitumistapoja	14
3.3.1	Raudituksen korroosio	14
3.3.2	Betonin karbonatisoituminen	16
3.3.3	Kloridien tunkeutuminen betoniin	18
3.3.4	Betonin rapautuminen	19
3.3.5	Pakkasrapautuminen	19
3.3.6	Ettringiittireaktio	20
3.3.7	Alkali-kiviainesreaktiot	20
3.3.8	Sulfaatit	21
4	Korjaussuunnittelu	21
5	Esimerkkikohde	26
6	Esimerkkikohteen tuuletusparvekkeiden kuntotutkimus	31
6.1	Tutkimusmenetelmät	31
6.2	Parvekkeen rakenne	31
6.3	Havainnot ja tutkimustulokset	31
6.3.1	Vetolujuus	34
6.3.2	Ohuthieanalyysit	35
6.3.3	Kloridipitoisuuden määrittäminen	36
6.4	Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset	37
6.5	Suosittelut korjaustoimenpiteet	37
7	Valitut korjaustavat	38
7.1	Parvekelaattojen uusiminen	38

7.2	Kaiteiden uusiminen	41
8	Korjaustyöselostus	41
8.1	Tuuletusparvekkeiden purkutyöt	41
8.2	Uusien parvekelaattojen valu	42
8.3	Parvekelaattojen otsa- ja alapinnat	44
8.4	Uudet parvekekaiteet	45
8.5	Ulkoseinien paikkaus- ja maalaukset	46
9	Esimerkkikohteen korjaustöiden työvaiheet	47
9.1	Suojaus ja purkutyöt	47
9.2	Raudoitustyöt	50
9.3	Jälleenrakennustyöt	52
10	Yhteenveto	55
	Lähteet	56
	Liitteet	
	Liite 1. Laboratorion tutkimusraportti, PAH-Analyysi	
	Liite 2. Laboratorion tutkimusraportti, Vetolujuus	
	Liite 3. Laboratorion tutkimusraportti, Ohuthieanalyysi	
	Liite 4. Laboratorion tutkimusraportti, Kloridipitoisuuden määrittäminen	
	Liite 5. Laboratorion tutkimusraportti, Karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen	
	Liite 6. Rakennesuunnitelma (vain työn tilaajan käyttöön, ei sisälly kirjalliseen raporttiin)	
	Liite 7. Rakennesuunnitelma (vain työn tilaajan käyttöön, ei sisälly kirjalliseen raporttiin)	

## Lyhenteet

K	Kalkki
KS	Kalkkisementti
S	Sementti

## Termit

Betonipeite	Raudoitusta mm. korroosiolta suojaava betonikerros
Haitta-ainetutkimus	Näytteisiin ja aistihavaintoihin perustuva tutkimus rakennuksen ja sen teknisten järjestelmien haitta-ainepitoisista materiaaleista, niiden määrästä ja sijainnista sekä löydettyjen haitta-aineiden analysoiminen.
Jälkihoito	Sementtipohjaisten materiaalien kovettumiselle edullisten kosteus- ja lämpötilaolosuhteiden ylläpitämiseksi vaadittavat toimenpiteet.
Karbonatisoituminen	Betonin neutraloitumisreaktio, joka on seurausta hiilidioksidin tunkeutumisesta betoniin ja sen aiheuttamasta betonin huokosveden emäksisyyden (pH) alenemisesta, mikä voi johtaa raudoitteiden korroosioon
Kolmikerrosrappaus	Koostuu kolmesta rappauskerroksesta tartunta- tai pohja-, täyttö- ja pintarappauksesta.
Korroosio	Materiaalin muuttuminen käyttökeltomaan muotoon ympäristön vaikutuksesta
Kuntotutkimus	Esimerkiksi rakennusosan tai teknisen järjestelmän tai sen osan tutkimus, jonka tavoitteena on selvittää mahdollisen vaurion tai ongelman laajuus ja aiheuttaja sekä antaa tarvit-

tavat jatkotoimenpide-ehdotukset. Tutkimusmenetelmät ovat usein rakenteita rikkovia.

Käyttöikä	Aika, jonka rakenne täyttää sille asetetut vaatimukset.
Paikkarappaus	Paikkarappauksessa vaurioitunut alue poistetaan ja rapataan uudestaan
Pintarappaus	Uloimmainen rappauskerros, jolla saadaan aikaan rappauksen lopullinen ulkonäkö tai sopiva alusta jatkokäsittelylle.
Pohjarappaus	(Tartuntarappaus, ”kynnet”) Alin rappauskerros, jonka tarkoituksena on saada aikaan tartunta ja lisätä täyttörappauksen tartuntapintaa rappausalustaa sekä tasata alustan imua.
Polymeerimodifioitu laasti	Laasti, jonka sideaine sisältää polymeerejä yli 5 % sementtipohjaisen sideaineen määrästä
Rappauskerros	Samalla laastilla yhtenä tai useampana työvaiheena tehty kerros.
Rappausverkko	Rappauksen lujittamiseen ja kiinnittämiseen käytettävä verkko
Rasitusluokat (betoni)	Rakenteeseen kohdistuvia rasituksia määritetään ja luokitellaan ympäristöolosuhteiden mukaan.
Täyttörappaus (rossaus)	Pohjustuksen päälle tuleva, kolmikerrosrappauksen paksuin osa, joka tasaa alustan epätasaisuudet ja toimii pintarappauksen alustana.
Tekninen käyttöikä	Käyttöönoton jälkeinen aika, jona rakenteen rakennusosan, järjestelmän tai laitteen tekniset toimivuusvaatimukset täyttyvät. Kun tekninen käyttöikä on kulunut umpeen, rakenne, rakennusosa, järjestelmä tai laite on tarkoituksenmukaista korvata uudella.

Vaipparakenne	Tarkoittaa rakennuksen ulkoilmaan tai maahan rajoittuvaa rakennusosaa. Vaipparakenteita ovat vesikatto + yläpohja, ulkoseinät, ikkunat, ovet ja alapohja.
Vedeneristys	Tarkoittaa ainekerrosta, joka saumoineen kestää jatkuvaa kastumista ja jonka tehtävä on estää nestemäisen veden haitallinen tunkeutuminen rakenteeseen painovoiman vaikutuksesta tai kapillaarivirtauksena, kun rakenteen pinta kastuu
Vesihöyryn läpäisy	Materiaalin kyky sallia vesihöyryn kulku lävitseen.



## 1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä 1900-luvun alun asuinrakennuksille tyypillisiin, ratakiskoilla kannatettuihin parvekerakenteisiin ja parvekerakenteiden kuntotutkimusmenetelmiin sekä eri korjausvaihtoehtoihin. Tuloksia voidaan käyttää jatkossa yritystoiminnan kehittämisessä sekä ko. rakenteiden tutkimus- ja korjaussuunnittelupalveluiden tuotteistamisessa..

Tavoitteena oli selvittää tutkimuskohteeksi valitun, 1910-luvulla valmistuneen asuinrakennuksen tuuletusparvekkeiden rakenteiden kuntoa kuntotutkimusmenetelmin sekä esittää vaihtoehtoisia korjaustapoja huomioiden kuntotutkimustulokset. Lisäksi tavoitteena oli arvioida rakenteiden tulevaa käyttöikää valituilla korjaustoimenpiteillä.

Työn teoriaosuudessa on käyty läpi betonirakentamisen historiaa ja betonitekniikan kehittymistä 1930-luvulle asti sekä asuinrakennusten parvekerakenteiden kehitystä 1800-luvun lopulta 1930-luvulle. Teoriaosuudessa esitellään myös betonirakenteiden tutkimusmenetelmiä, tyypillisimpiä vauriomekanismeja, vaurioiden aiheuttajia sekä korjaussuunnittelussa huomioitavia asioita ja vaihtoehtoisia korjaustapoja.

Opinnäytetyön tuloksena on 1910-luvulla valmistuneen kerrostalon tuuletusparvekkeiden rakenteiden kuntotutkimus sekä tarvittavat korjaussuunnitelmat parvekkeiden uusimiseksi. Lisäksi työssä on esitetty valokuvia korjaustöiden etenemisestä vaiheittain purkutöistä valmiiseen rakenteeseen asti.

## 2 Historiaa

### 2.1 Betonirakentamisen historia

Sementin kaltaisen sideaineen valmistamisen taito ulottuu kauas historiaan. Pyrami-  
dien rakentamisessa käytetty sideaine oli poltettua kipsiä. Kreikkalaiset saivat ai-  
kaiseksi jonkinlaisen hydraulisen sideaineen lisäämällä poltettuun kalkkiin vulkaanista  
tuhkaa. Tuo sideaine kovettui reagoimalla veden kanssa sekä myös veden alla. [3, s.  
20.]

Roomassa sijaitseva Pantheonin temppeli on parhaiten säilyneitä antiikin ajan raken-  
nuksia vielä tänäkin päivänä. Temppelin iso kupoli, jonka jänneväli on 43,5 metriä, on  
rakennettu pääsääntöisesti betonista joitakin muurattuja kaaria lukuun ottamatta. Pal-  
jaita betonipintoja Pantheonissa ei siltikään ole esillä. [3, s. 21.]

Betonitekniikan osaaminen alkoi hiipua Rooman valtakunnan asteittaisen rappion myö-  
tä. Roomalainen betonitekniikka hävisi Länsirooman valtakunnan häviön myötä vuonna  
476. Rooman vallan jälkeen vesirakenteissa tosin käytettiin kalkin lisäksi lievästi hyd-  
raulisia aineita ja kiviä, tämän tekniikan ollessa varsin mitäänsanomaton roomalais-  
ten osaamiseen verrattuna. Tuhat vuotta myöhemmin vuonna 1844 englantilainen  
Isaac Johnson keksi vahingossa nykyisen sementin, jolloin betonitekniikka heräsi jäl-  
leen eloon. [3, s. 22.]

Kaksitoista vuotta myöhemmin Isaac Johnsonin keksinnöstä Suomen Suurruhtinaskun-  
taan saapui ensimmäinen sementtierä. Sementin valmistus aloitettiin Suomessa Savi-  
olla vuonna 1869. Markkinoita ei vielä tuolloin juuri ollut, vaikka myytävänäkään ei ollut  
kuin 4000 tonnia vuodessa. Heikon kysynnän johdosta valmistus lopetettiin 1894. Pa-  
raisten Kalkkivuori Oy aloitti sementin tuotannon vuonna 1914. Teräsbetonin kehittämi-  
sen ja sementinvalmistuksen teollistuminen myötä Oy Lohjan Kalkkitehdas Ab perusti  
sementtitehtaan Virkkalaan vuonna 1919. [3, s. 22.]

Julkisivukoristeet olivat ensimmäisiä betonin käyttökohteita Suomessa. Helsingissä  
sijaitsevassa, 1891 valmistuneessa Johanneksen kirkossa on käytetty runsaasti beto-  
nista valettuja koristeosia. Ensimmäiset kokeilut betonin käytöstä pohjaveden pinnan  
alapuolelle jäävissä perustusrakenteissa toteutettiin myös samana aikakautena. Vasta

ensimmäisen maailmansodan jälkeen betonia alettiin käyttää laajemmin perustuksissa. [1, s. 28.]

Saksalaisten vahva rautabetonirakentamisen teoreettinen osaaminen oli keskeisessä asemassa Suomen rautabetonirakentamisen kehittämisessä. Osaamista ja käytännön tunteista hankittiin ulkomailta kirjallisuuden, ammattilehdistön, ulkomaisten opintojen, opintomatkojen ja maahan saapuneiden asiantuntijoiden välityksellä. G.E. Asp laati Huonerakenteiden oppi, rauta- ja rautabetonirakenteita käsittelevän osan vuonna 1908, jossa hän käytti lähteenä juurikin saksalaista alan kirjallisuutta. Arkkitehti Vietti Nykänen hyödynsi osin samaa lähdeaineistoa teoksissaan Rautabetoni (1911) ja sen kansantajuudessa versiossa Lyhyt rautabetoniopas (1913). Otto Weyestallin vuonna 1912 laatima Elementarbok för cement, beton och järnkonstruktions byggteknik ilmestyi seuraavana vuonna suomeksi nimellä Sementti, betoni ja rautabetoni. Paraisten Kalkkivuori Oy:n ja Lohjan Kalkkitehdas Oy:n vuonna 1921 perustama Suomen Sementinvalmistajain Yhdistys vastasi pitkälti betonirakentamisen julkaisu-, koulutus- ja neuvontatoiminnasta 1920-30-luvuilla. [1, s. 28.]

Talonrakennuksessa välipohjien toteuttaminen raudoitettuina betonirakenteina yleistyi 1900-luvun ensimmäisellä vuosikymmenellä, tällöin alkoivat aiemmin käytetyt puuvälikatot väistyä erityyppisten rautaan ja betoniin perustuvien välipohjajärjestelmien tieltä. Betonia käytettiin varsinaisissa rautabetonirakenteissa sekä yhdistelmärakenteissa, joissa betoni liittyi kantavan rakenteen muodostaviin ratakiskoihin tai I-rautoihin. Paloturvallisuuden parantaminen oli rautabetonin käytölle yhtenä tärkeänä perusteena. Rakennuskustannuksetkaan eivät muodostuneet juuri perinteistä puuvälipohjaa suuremmiksi. [1, s. 28.]

1900-luvun alussa arkkitehdin tai rakennusmestarin rinnalle ilmestyi rakennesuunnittelija (rakennusarkkitehti), joka oli koulutukseltaan useimmiten insinööri tai rakennesuunnitteluun erikoistunut rakennusmestari. Ennen tätä ei talonrakennukseen suuntautuneita insinöörejä juuri Suomessa ollut. Heidän taitojaan oli aikaisemmin hyödynnetty vain poikkeustapauksissa, yleisesti insinöörien suunnittelualaan olivat kuuluneet lähinnä sillat tai muut vastaavanlaiset suuret ja tekniset rakenteet. Rakennelaskelmien ja rakennepiirustuksien laatiminen vaativat erityistaitoja sekä statiikan teoreettista tunteista. [1, s. 29.]

Rakennelaskelmia tai rakennepiirustuksia ei vielä vaadittu toimitettavaksi rakennusvalvontaviranomaiselle 1900-luvun alkuvuosina. Helsingissä tapahtui vuonna 1907 kaksi pahaa rakennussortumaa, joista toisessa onnettomuus liittyi nimenomaan betonirakenteiden huolimattomaan suunnitteluun ja toteutukseen. Tämän jälkeen rakennustarkastuksen tehostaminen katsottiin välttämättömäksi. Ensimmäinen päätoiminen rakennustarkastaja aloitti Helsingissä vuonna 1908 ja vuonna 1911 hän sai avukseen rakennusinsinöörin. Rakennusinsinöörin tehtävänä oli tarkastaa rautabetonirakenteita ja niihin liittyviä lujuuslaskelmia. Tuolloin Suomessa ei vielä ollut rautabetonitöitä koskevia erityismääräyksiä, josta johtuen aluksi noudatettiin saksalaisia määräyksiä. Helsingin kaupungin rakennustarkastuskonttori julkaisi ensimmäiset omat määräyksensä vuonna 1913 nimellä Raudoilla jäykistettyä ja jäykistämätöntä betonityötä koskevia säädöksiä. Samalla rakennustarkastuskonttori antoi määräarvoja kuormituksille ja sallituille ainerasituksille. Laskelmat ja rakennepiirrokset vaadittiin siitä lähtien kaikista kaupungin silloisella alueella tehdyistä rautabetonitöistä. [1, s. 30.]

66

**Ratakiskotaulukko.**

Käytettyjen ratakiskojen kantavuus jännityksen ollessa 1200 kg/cm<sup>2</sup> ja kiskojen kuluneläisyys otaksuttu 20 %:ksi.

Ratakiskon korkeus cm	Kantavuus kg/m tasaisesti kuormittuna						
	Vapaa jänneväli metreissä						
	1,50	2,0	2,50	3,0	3,50	4,0	5,0
5	250						
6	430						
7	685	250					
8	1025	395	260				
9	1460	850	390	270			
10	2000	1160	550	390	290		
11	2660	1540	1010	710	395	305	
12	3450	2020	1310	920	690	530	410
13	4400	2550	1670	1170	870	670	520
14	5500	3200	2080	1470	1090	835	650
							530

**Teräsköysitaulukko.**

(A.-G. für Seilindustrie, Mannheim).

Köyden halk. mm	Lankojen luku l=144*)				Lankojen luku l=180**)			
	Murtok kuormitus kg	Langan paks. mm	Telan läpim. mm	Paino kg/m	Murtok kuormitus kg	Langan paks. mm	Telan läpim. mm	Paino kg/m
8	3500	0,45	180	0,25	3400	0,45	160	0,20
10	5300	0,55	220	0,35	4400	0,55	180	0,25
12	7300	0,65	260	0,50	6000	0,65	220	0,35
14	11200	0,85	320	0,70	9100	0,85	260	0,50
16	14200	0,95	380	0,90	12200	0,95	300	0,65
18	17500	1,05	450	1,15	15800	0,95	340	0,90
20	21100	1,15	525	1,40	19800	1,05	400	1,20
22	24400	1,25	600	1,70	23500	1,20	475	1,55
24	30900	1,35	675	2,00	28000	1,25	550	1,95
26	35700	1,45	745	2,30	33300	1,35	625	2,20

\*) Notkea. \*\*) Erikoisen notkea.

67

**Helsingin lentävyysohjelma.**

Tutkimusten tulokset. Yhteensä: Keskikulutus: Aineiden  
kuutuhattua.

V u o s i	1924	1925	1926	1927
Puristajain vuorok. jaksen t)	304 18 257	465 156 309	462 171 341	601 133 337
Puristajain vuorok. jälkeen t)	502 39 363	592 243 417	592 287 468	746 217 477
Siomisen alku	5 t. 40 m. 0 . 5 . 2 . 14 .	6 t. 20 m. 0 . 40 . 3 . 13 .	5 t. 55 m. 2 . 10 . 3 . 29 .	5 t. 40 m. 0 . 5 . 2 . 52 .
Siomisaika	31 t. 15 m. 6 . 50 . 10 . 39 .	13 t. 25 m. 3 . 30 . 10 . 1 .	13 t. 10 m. 6 . 30 . 9 . 48 .	16 t. 15 m. 5 . 15 . 9 . 23 .

1) Keskikulutus alitavaksi suhteessa, jossa on 1 paino-osaa ammoniakkia ja 3 paino-osaa normaaliin kalsiiniin, ja karastaista vesistö-  
työväkeä, s.o. pölyästä valmistettua jilkeää vuorok. kuormituksen jälkeen t) vuorok. kuormituksen jälkeen ja lopun ajasta vedet alle. — Kuulutus v. 1926: kyselytyy-  
ppönnäistä valvontaa suorittavia porantamainia.

2 vrk. vuosiäht. 7 vrk. vuosiäht. 21 vrk. vuosiäht. 21 vrk. vuosiäht. 21 vrk. vuosiäht. 21 vrk. vuosiäht. 21 vrk. vuosiäht. 21 vrk. vuosiäht. 21 vrk. vuosiäht.

Kokonaan: 230  
— 140  
— 180  
— 150  
— 130

Kokonaan: 230  
— 140  
— 180  
— 150  
— 130

Kokonaan: 230  
— 140  
— 180  
— 150  
— 130

Kuva 1. Rakentajan kalenteri vuodelta 1930. Ratakiskojen mitoitus-taulukko [13, s.66-67.]



Raudoittamatonta betonipilaria, jossa suhde $l/b$ on suurempi kuin 10, ei saa käyttää.		Luokkahuoneissa ..... p = 300 kg/m <sup>2</sup>	
<i>Rautabetonirakenteet.</i>		Kokoussaleissa, voimistelu- ja juhlahuoneissa, portaisa ja porrastasoissa ..... = 400 "	
I. Keskellinen puristus.		Myymälöissä ja nähtävien välittömässä yhteydessä olevissa varastohuoneissa vähintään ..... = 350 "	
Betonin sallitut jännitykset ovat:		Ullakolla ..... = 150 "	
Huonerakenteissa yleensä .....	35 kg/cm <sup>2</sup>	Vesikatto (tiilikatto kokonaiskuormitukseen) vaakasuoraa pintaa kohti ..... = 175 "	
Huonerakenteiden pilareissa ja tuissa ylimmissä kerroksissa .....	25 "	Vesikatto (asfaltti ja peltikatto kokonaiskuormitukseen) vaakasuoraa pintaa kohti ..... = 150 "	
Sitä lähinnä alemmassa kerroksessa .....	30 "	Porttikäytävissä ja piholoissa:	
Muissa kerroksissa .....	35 "	Momentteja laskettaessa 1400-jännevälillä em:ssä ei kuitenkaan vähempää kuin 500 kg/m <sup>2</sup> .	
Silloissa .....	25 "	<i>Satunnaisia kuormituksia makasiinissa,</i>	
II. Taivutus ja epäkeskeinen puristus.		kg/m <sup>2</sup> lattiapinta 1 m korkea kerros:	
Huonerakenteissa yleensä .....	betoni 40 kg/cm <sup>2</sup>	Jyviä .....	n. 750 kg/m <sup>2</sup>
10 cm ohuempissa laatoissa .....	rauta 1200 "	Jauhoja .....	700 "
Vähintään 20 cm korkeissa täysissä suorakaiteen muotoisissa poikkileikkauksissa .....	betoni 35 "	Suolan .....	1,000 "
Silloissa.	rauta 1000 "	Sokeria .....	750 "
Katu- ja maantiesilloissa yl. betoni $30 + 0,8 l \leq$ .....	40 kg/cm <sup>2</sup>	Paranoita .....	700 "
rauta $900 + 2 l \leq$ .....	1000 "	Heiniä ja olkia .....	70 "
Katu- ja maantiesiltojen niissä osissa, joihin kuormavaunujen ja jyrrien tärinä lähinnä vaikuttaa .....	betoni 30 kg/cm <sup>2</sup>	Heiniä, puristettuja .....	280 "
rauta 900 "		Puuta .....	400 "
Rautatiesilloissa, joiden sörästyksen vahvuus ratapölkkyjen alla on väh. 30 cm. ....	betoni $25 + 0,8 l \leq$ .....	Kivihillää .....	1,200 "
rauta $750 + 2 l \leq$ .....	36 kg/cm <sup>2</sup>	Sementtiä .....	1,200 "
	900 "	Paperia .....	1,100 "
		Kirjoja .....	900 "
Jos 28 vrk. vanhojen koekeuutioiden lujuus ylittää 245 kg/cm <sup>2</sup> , sallitaan betonille huonerakenteiden pylväissä ja tuissa 35 kg/cm <sup>2</sup> asemasta 1/7 koekeuutioiden todetusta lujuudesta, ei kuitenkaan enempää kuin 50 kg/cm <sup>2</sup> , sekä taivutuksen tai epäkeskeisen puristuksen vaikuttaessa 1/6 mainitusta kuutiolujuudesta ei kuitenkaan enempää kuin 60 kg/cm <sup>2</sup> .		Kuormitus vähenee n. 20 %, jos tavarat pannaan varastoon tynnyreissä. Tärinää synnyttävillä koneilla kuormitettuja välikatkoja laakettaessa lisätään koneiden kuorma aina 60 %:lla.	
<i>Kuormitusten määrärajoja.</i>		Betoni- ja rautabetonirakenteista viitataan sivuille 117—136 ja määräyksistä Helsingissä sivuille 107—116.	
<i>Satunnaisia kuormituksia välikatkojen kuormittamiseen.</i>			
Asuinhuoneissa .....	p = 250 kg/m <sup>2</sup>		
" puurakennuksissa .....	= 200 "		

Kuva 4. Rakentajain kalenteri vuodelta 1930. Sallittuja ainerasituksia [13, s.56-57.]

Betoni valmistettiin rautabetonirakentamisen alkuvaiheessa lapiolla sekoittamalla suuressa matalareunaisessa puulaatikossa. Betonimassan kuljetus toteutettiin ämpäreillä tai kahden miehen kantamilla paareilla valupaikalle. Moottoroidut betonimyllyt ilmestyivät nopeasti Helsingin rakennustyömaille. Betonimassan kuljetuksen ja valmistuksen koneistaminen oli välttämätöntä, jotta betonia pystyttiin valamaan laajemmassa mittakaavassa. [1, s. 31.]

## 2.2 1900-luvun alun asuinrakennuksien parvekkeet

1800-luvulla ja 1900-luvun alussa asuinrakennusten huoneistoparvekkeet olivat vielä harvinaisia. Ne olivat lähinnä katujulkisivujen arkkitehtuuriin olennaisesti liittyviä yksittäisiä osia. 1880-luvunkin kerrostalon pihan puoleiset, huoneistojen yhteiset tuuletusparvekkeet sen sijaan olivat yleisempiä. Tuuletusparvekkeita alkoi olla säännönmukaisesti jokaisen kerrosvälin kohdalla 1900-luvun alussa. Tuuletusparvekkeet sijaitsivat

yleensä keittiön portaan yhteydessä. Vasta 1930-luvulla yleistyivät huoneistokohtaiset parvekkeet. [1, s.75.]

Parvekkeet toteutettiin yleensä talon rungosta ulkonevina ulokkeina, sisäänvedetyt huoneistoparvekkeet yleistyivät vasta 1930-luvulla. Parvekkeet vedeneristettiin yleensä bitumilla tai asfaltilla. Parvekkeet kannatettiin ratakiskoilla ja joskus myös I-raudoilla 1800-luvun lopulta 1910-luvulle asti. Ratakiskot olivat usein taivutettu kiertämään parvekelaatan reunaa yhtenäisenä palkkina, tarvittavat välituet oli kiinnitetty pulteilla tai niittaamalla kiskojen kylkeen. Kannattajat olivat usein ankkuroitu ulkomuuriin sekä mahdollisesti myös välipohjaan. Parvekkeen kannatus on voitu toteuttaa myös jatkamalla portaiden lepotasoja tai välipohjien kannattajia ulkoseinän läpi. Joissain tapauksissa on käytetty lisäksi vaakakannattajiin kiinnitettyjä vinotukia. Parvekelaattana oli rautabetonilevy, toisinaan käytettiin myös puukansistoa. Ratakiskokannattajien kanssa käytettiin myös kappaholvirakennetta. Vinotukia on verhoiltu konsolimuotoisilla kipsi- sekä sinkkipeltikoristeilla uusrenesanssirakennusten katujulkisivuissa ja jugendrakennuksissa takorautaisilla kasviaiheilla tai betonoimalla. [1, s. 75.]

Alla on lueteltu aikakauden parvekerakenteille tyypillisiä rakennusmateriaaleja, jotka nykytietämyksen mukaan voivat sisältää asbesti- ja haitta-aineita.

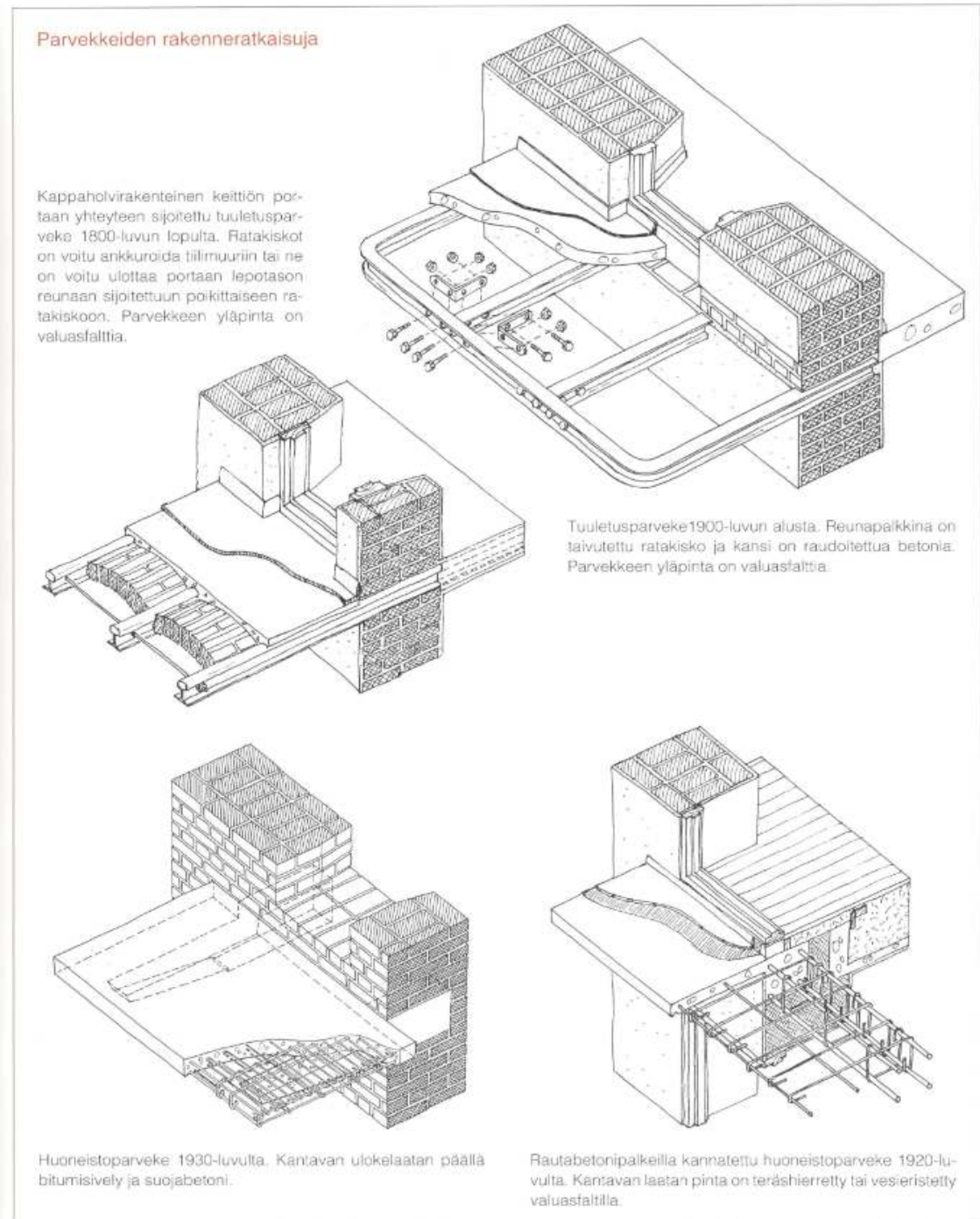
Nykymääritelmän mukaan bitumi on asfaltin sideaine. Bitumia saadaan joko luonnonasfalteista uuttamalla tai maaöljystä tislaamalla. Luonnonasfalttien bitumipitoisuus vaihtelee ja puhtaimmat luonnonasfaltit, kuten goudron, ovat miltei pelkkää bitumia. Bitumin teollinen valmistaminen opittiin 1800-luvun jälkipuoliskolla öljynjalostuksen synnyn myötä. Bitumin ominaisuuksista talonrakennustoitinnalle tärkeimpiä ovat olleet erinomainen veden- ja vesihöyryneristyskyky sekä hyvä tarttumiskyky eri materiaaleihin. [1, s. 62.]

Asfaltti on nykymääritelmän mukaan bitumin ja kiviaineksen seos, jossa bitumi toimii sideaineena. Aiemmin nimityksellä asfaltti on kuitenkin tarkoitettu myös bitumia. Alkuperänsä mukaan asfaltit voidaan jakaa luonnollisiin ja keinotekoiisiin asfaltteihin. Luonnollinen asfaltti on luonnossa muodostunut bitumin ja mineraaliaineksen seos. Väriltään se on mustaa tai ruskehtavaa. Luonnonasfaltteihin kuuluvat esimerkiksi Trinidad-asfaltti (Trinidad epuré) ja Goudron. [1, s. 63.]

Keinotekoinen asfaltti valmistetaan nykymääritelmän mukaan sekoittamalla bitumia ja kiviainesta. Aiemmin keinotekoisella asfaltilla on sen sijaan tarkoitettu asfaltinkaltaista tuotetta, jonka sideaineena oli kivihiihitervaa (kivihiihipiki). [1, s. 63.]

Kellareihin ja kylpyhuoneisiin on aikanaan valettu paksuja eristyskerroksia, joista aikalaiset käyttivät nimitystä valuasfaltti. Nykytermin ilmaistuna aine oli ilmeisesti lähinnä asfaltin ja hiekan tai kivihiihitervan (kivihiihipien) ja hiekan seosta. [1, s. 63.]

1900-luvun alussa vakiintui tekniikka, jossa rataiskot valettiin kokonaan parvekkeen rautabetonilaatan sisälle. Pian tämän jälkeen työtekniikoiden kehittyessä rataiskot korvattiin rautabetonipalkeilla ja parvekkeita aloitettiin toteuttamaan myös pelkinä rautabetonilaattoina ilman erillisiä teräs-/rautabetonipalkkeja. Rautabetoninen ulokelaatta oli yleisin parvekerakenne 1930-luvulla. [1, s. 75.]

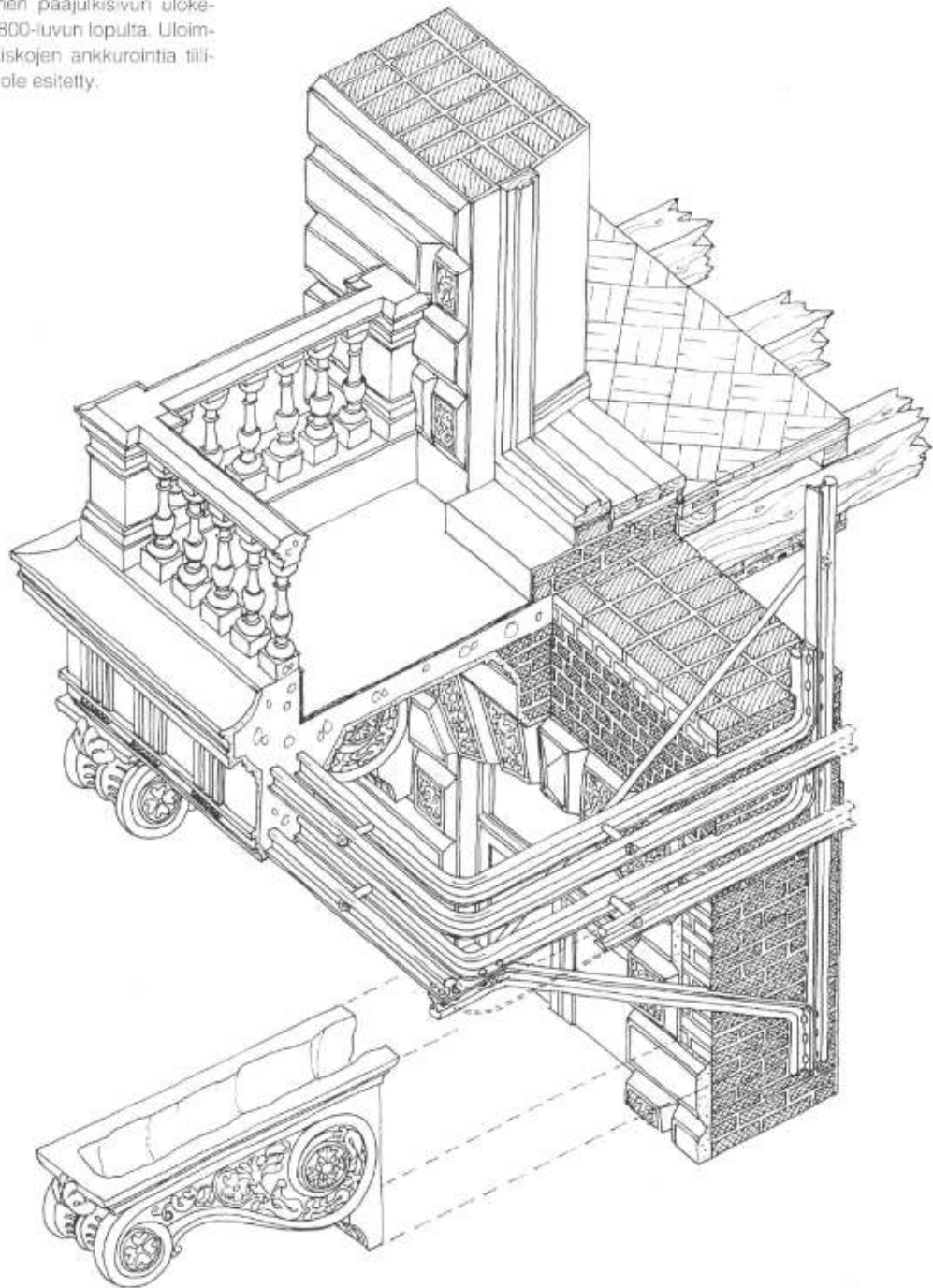


Kuva 5. Parvekkeiden rakenneratkaisuja. [1, s. 77.]



## Ulokeparveke 1800-luvun lopulta

Koristeellinen pääjulkisivun ulokeparveke 1800-luvun lopulta. Uloimpien rataiskojen ankkurointia tiili-muurin ei ole esitetty.



Kuva 6. Ulokeparveke 1800-luvun lopulta. [1, s. 76.]

### 3 Kuntotutkimus

#### 3.1 Yleistä

Julkisivut ja parvekkeet ovat rakennuksen ”kuluvia osia” jotka ovat luonnonvoimien armoilla. Tämän johdosta niiden kuntoa tulee seurata säännöllisesti. Betonirakenteissa vauriot eivät usein näy pinnalle asti, joka on sille rakennusmateriaalina luonteenomaista. Yhtenä oleellisempuna osana kuntotutkimusta otetaan näytteitä pintaa syvemmältä betonin kunnan selvittämiseksi. Voidaan ajatella että kuntotutkimus on rakennuksen määräaikaikäskatsastus joka tehdään, vaikkei silmämääräisiä vaurioita olekaan havaittavissa. [6, s. 4.]

Julkisivuille ja parvekkeille tehtävistä korjauksista sekä huoltotoimenpiteistä päätetään kuntotutkimuksen tulosten perusteella. Taloudellisesti ei ole kannattavaa tinkiä kuntotutkimuksen aikataulusta tai laajuudesta. Tyypillisesti tutkimuksen kustannukset ovat alle 1% verrattuna tutkimustulosten pohjalta tehtävien korjauksien hintaan. On myös tärkeää huomioida että kun teetetään kuntotutkimus riittävän ajoissa, voidaan sen tulosten pohjalta tehdä vaurioitumista hidastavia kevyitä huoltokorjauksia sekä mahdollisesti välttää kalliita, laajamittaisia korjauksia. Kevyet huoltotoimenpiteet eivät ole enää riittäviä siinä vaiheessa kun vaurioita voidaan havaita rakenteiden pinnalla. [6, s. 4.]

Korjaushankkeen yksi keskeisimmistä asiantuntijoista on kuntotutkija. Julkisivun rakennusosien olemassa olevien teknisten ominaisuuksien selvittäminen sekä tarvittavien jatkotoimenpiteiden määrittely kuuluvat kuntotutkijan tehtäviin. Kuntotutkimuksen tulosten perusteella päätetään korjaushankkeen keskeyttämisestä, lykkäämisestä ja käynnistämisestä. Kuntotutkimus suoritetaan hankesuunnitteluvaiheessa [8, s. 5.]

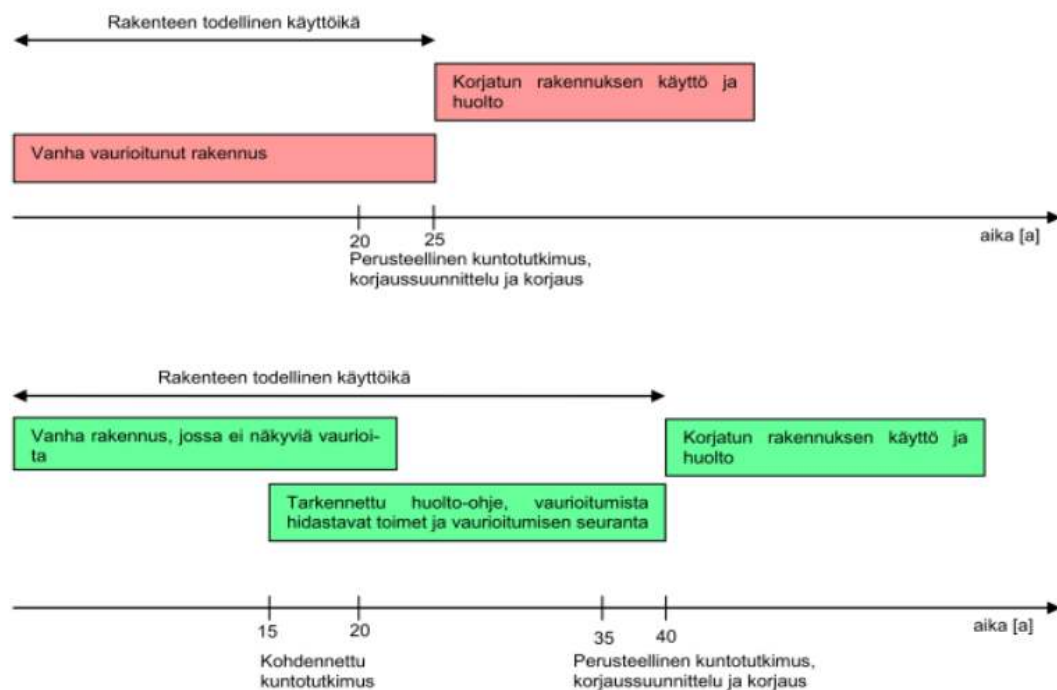
#### Tilaaajan muistilista

- Teetä tutkimus ajoissa, jo ennen näkyviä vaurioita
- Kaikista pinnaltaan ja tyypiltään erilaisista rakenteista otetaan riittävästi analysoitavia näytteitä:
  - Umpinaiset julkisivun betonielementit
  - Ikkunalliset elementit
  - Sokkelien elementit
  - Parvekkeiden pieliseinät
  - Parvekelaatat
  - Parvekekaiteet
- Tarkista että tarvittavat rakenneavaukset tehdään, esim. ulokeparvekkeiden kannatukset
- Varmista, että kaikista näytteistä tutkitaan karbonatisoitumisen lisäksi ohuthie tai vetolujuus
- Valitse kokenut ja pätevä kuntotutkija ja varaa tutkimukselle aikaa
- Kuntotutkija laatii kenttätutkimus- ja näytteenottosuunnitelman

Kuva 7. Kuntotutkimuksen tilaaajan muistilista. [6, s. 4.]

Kiinteistönpito koostuu kiinteistön jatkuvista huoltotoimenpiteistä sekä säännöllisestä kunnon seurannasta. Kuntotutkimus on tärkeä osa hyvää ja suunnitelmallista kiinteistönpitoa, joka mahdollistaa tarvittavien korjaustoimenpiteiden ennakoinnin. [6, s. 4.]

Riittävän korjaustavan- ja oikein ajoitetun korjauksen aikataulun valinta edellyttää laajaa ja oikein kohdistettua kuntotutkimusta. Puutteellisten tietojen pohjalta valittu korjaustapa aiheuttaa riskin. Tällä voi olla suuria taloudellisia vaikutuksia sekä rakenteiden kuntoon liittyviä yllätyksiä, jotka tulevat esiin vasta korjaustöiden aikana. [6, s. 5.]



Kuva 8. Vanhan rakenteen käyttöikä voidaan lisätä merkittävästi, kun kuntotutkimus ja sen perusteella tehtävät vaurioita hidastavat toimet tehdään rakennukseen, jossa vaurioitumista ei vielä ole silmämääräisesti havaittavissa. [6, s. 6.]

### 3.2 Julkisivu- ja parvekerakenteiden tutkimisessa huomioitavat erityspiirteet

Säälle tai muille rasituksille alttiissa betonirakenteissa tapahtuvat muutokset heikentävät rakenteiden ominaisuuksia. Säystä aiheutuvia rasitustekijöitä ovat esimerkiksi säteily, lämpö, kosteus, tuuli sekä pakkasrasitus. Muita rasituksia ovat mm. erilaiset haitalliset aineet (esim. ilman hiilidioksidi ja kloridit). Rakennuksen sijainti, ympäristö, korkeus ja ilmansuunnat vaikuttavat suuresti rasituksen suuruuteen. Yleisesti ottaen rasituksista johtuvat haitat ovat lähinnä ulkonäöllisiä. Turvallisuusriskejä voi aiheutua betonijulkisivujen vaurioitumisesta. [7, s. 17.]

Suoraan sadevedelle ja lumelle alttiita rakenneosia ovat mm. parvekkeet, joiden yläpinnat voivat olla märkiä pitkiäkin aikoja. Vesi imeytyy kapillaarisesti betoniin ja kuivuminen voi kestää pitkän aikaa koska rakenne on yleensä kokonaan kylmä eikä lämpövirran kuivaava vaikutusta näin ollen ole. Rakennuksien ulkopuoliset pystypinnat, kaiheet ja parvekepielet ovat myös säälle ja viistosateelle alttiita. Paikallista kosteusrasitusta aiheuttavat parvekelaattojen vedenpoisto sekä mahdolliset puutteet yksityiskohdissa (virheelliset tai puutteelliset pellitykset, saumausten peittäminen ja epätiiveys). Veden imeytymiseen ja haihtumiseen rakenteeseen voidaan vaikuttaa valitsemalla oikean tyyppinen pintakäsittely. [7, s. 18.]

Lähtökohtaisesti korjausperiaatteen valinnassa pyritään etsimään ratkaisut kohteessa esiintyviin teknisiin ongelmiin. Kun nämä ratkaisut ovat selvillä, voidaan hankkeessa edetä kartoittamaan taloudellisten ja arvostuskysymysten sekä muiden reunaehtojen kannalta paras mahdollinen kompromissi. [2, s. 16.]

Päätös käytettävästä korjausperiaatteesta perustuu aina jossain määrin eri vaihtoehtojen vaikutusten subjektiiviseen arvioimiseen.

Lähtökohtaisesti päätöksen käytettävästä korjausperiaatteesta tekee joko kiinteistön omistaja tai hänen valtuuttamansa osapuoli, esimerkiksi rakennuttaja. Korjaussuunnittelija laatii yleensä arkkitehdin kanssa yhteistyössä esityksen kohteeseen soveltuvista korjausvaihtoehdoista. Esityksessä tuodaan esille vaihtoehtojen kustannuseroja sekä vaikutus rakenteen tulevaan käyttöikään. Lisäksi käsitellään korjauksiin liittyviä mahdollisia riski- ja epävarmuustekijöitä. [2, s. 16.]

On mahdollista että korjaustavaksi joudutaan valitsemaan teknisesti kyseenalainen ratkaisu esimerkiksi suojelullisten rajoitusten takia. Tällaisessa tapauksessa korjauksen käyttöikä saattaa jäädä lyhyeksi tai ratkaisusta voi aiheutua muita haittoja. [2, s. 16.]

KorjausRYL E 1 Esiselvitykset ja purkaminen julkaisussa on esitetty betonijulkisivujen ja –parvekkeiden kuntotutkimuksen eri vaiheita, vaatimuksia ja tehtäviä.

Lähtötietojen ja kenttäkatselmuksen perusteella kuntotutkimukselle laaditaan tutkimussuunnitelma. Tutkimussuunnitelmat laaditaan kullekin kohteelle erikseen, jossa huomioidaan kohteen erityispiirteet. On hyvin yleistä että tutkimussuunnitelmaa joudutaan tarkistamaan työn aikana. [4, s. 40.]

Tutkimussuunnitelmassa määritellään tarvittavat kenttä- ja laboratoriotutkimukset. Jotta tutkimustulokset kuvaavat luotettavasti tutkittavan rakennusosan kuntoa, tulee otettavien näytteiden määrä sekä näytteenottokohdat valita huolella. Näytteitä tulee ottaa tarpeeksi suurella otannalla eri puolilta rakennusta huomioiden rakenteisiin vaikuttavat erilaiset olosuhteet. [4, s. 40.]

Kuntotutkimuksen tehtäviä :

- Suunnitteluasiakirjojen ja olemassa olevien rakenteiden selvittäminen
- Rakenteisiin kohdistuvien ympäristöarastusten arviointi
- Rakenteiden kantavuuden ja turvallisuuden selvittäminen
- Rakenteiden lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden arviointi
- Rakenteellisten vaurioiden sijainnin, asteen ja laajuuden toteaminen sekä keskeisten vaurioitumisilmiöiden tunnistaminen ja niiden syiden selvittäminen
- Pintatarvikkeiden ja -käsittelyjen sekä erilaisten pinnoitteiden vaurioiden sijainnin, asteen ja laajuuden toteaminen sekä keskeisten vaurioitumisilmiöiden tunnistaminen ja niiden syiden selvittäminen
- Saumausten ja pellitysten kunnon arviointi
- Julkisivuvarusteiden ja niiden kiinnitysten kunnon arviointi
- Kosteus- ja mikrobivauriohavaintojen kirjaaminen
- Haitta-aineiden tutkiminen
- Jäljellä olevan teknisen käyttöiän arvioiminen ja toimenpidesuosituksen antaminen [4, s. 41.]

Korjauksia ei voida lähteä toteuttamaan suoraan kuntotutkimuksen perusteella, vaan hankkeelle tulee laatia erilliset korjaussuunnitelmat, jonka lähtötietoina tehty tutkimus toimii. Kuntotutkimusta voidaan joutua täydentämään lisäselvityksillä korjaussuunnittelun aikana ja mahdollisesti myös korjaustöidenkin aikana. Huolellinen ja riittävän kattava korjaussuunnittelu on yksi onnistuneen korjauksen perusedellytyksiä. Olisi suositeltavaa että kuntotutkimus ja korjaussuunnittelu olisi saman henkilön tai organisaation toteuttama. [9, s. 7.]

### 3.3 Betonirakenteen vaurioitumistapoja

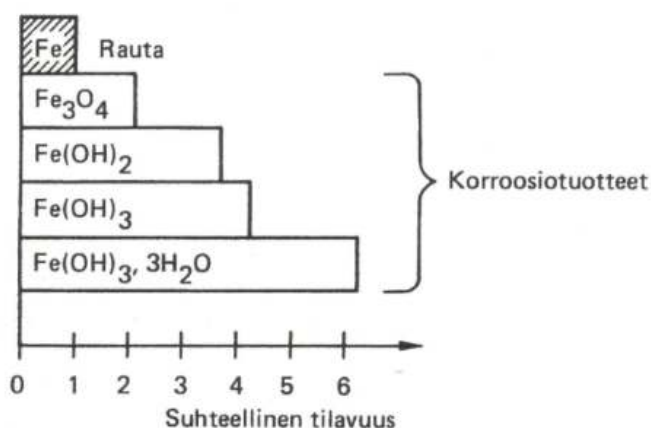
#### 3.3.1 Raudoituksen korroosio

Teräksen ruostuminen on sille ominaista kosteassa ilmatilassa. Rauta pyrkii ruostuessaan muuttumaan takaisin yhdisteiksi, joita siinä luonnossa esiintyy kuten oksideiksi ja hydroksideiksi. Kyseessä on sähkökemiallinen tapahtuma, jossa sähkövaraukset ottavat osaa reaktioihin kemiallisten ainekomponenttien lisäksi. [3, s. 97.]

Mitä tiiviimpää betoni on, sen paremmin se suojaa raudoitusta. Betonin tiivistyksen ja jälkihoidon merkitys on suuri, samoin betonin vesi-sideainesuhteen tulee olla riittävän pieni. Mahdolliset betonipeitteessä olevat halkeamat voivat pienentää betonin tiiveyttä ja aiheuttaa raudoituksen korroosiovaurioita. [3, s. 97.]

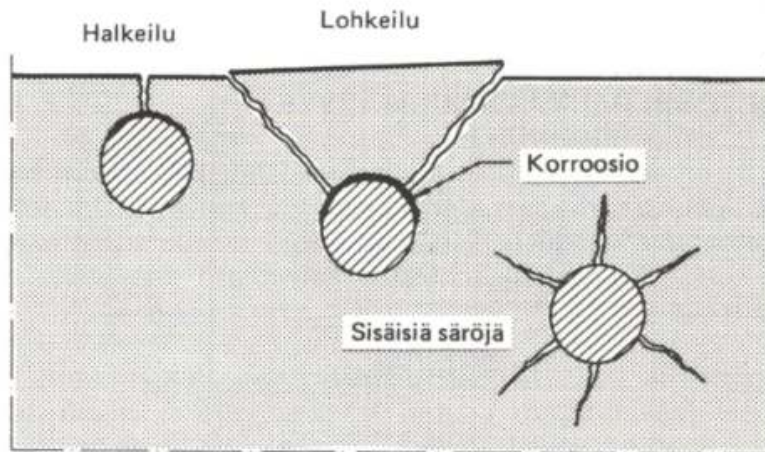
Mikäli raudoitusta ympäröivässä betonissa tapahtuu muutoksia joista aiheutuu teräkselle betonin antaman fysikaalisen tai kemiallisen suojan poistuminen, voi raudoituksen korroosio alkaa. Esimerkiksi betonin rapautuminen tai halkeilu poistavat raudoituksesta betonin antaman suojan. Kemiallisia vaurioita ovat mm. betonin karbonatisoituminen, jossa betonin pH-arvo laskee mahdollistaen raudoitusta suojaavan oksidikalvon tuhoutumisen. Oksidikalvo voi tuhoutua myös kloridien vaikutuksesta. [3, s. 98.]

Korroosiotuotteet vaativat noin nelinkertaisen tilavuuden verrattuna raudoituksen alkuperäiseen tilavuuteen.



Kuva 9. Raudan eri korroosiotuotteiden suhteellinen tilavuus. [3, s. 102.]

Korroosiotuotteiden suurempi tilantarve aiheuttaa betoniin halkaisevat voiman. Korroosion edetessä betoniin syntyy halkeamia, sisäisiä säröjä ja raudoituksen betonipeite voi lohjeta kokonaan pois. Korroosio voi ilmetä myös betonin pinnan värjäytymisenä korroosiotuotteiden vaikutuksesta.



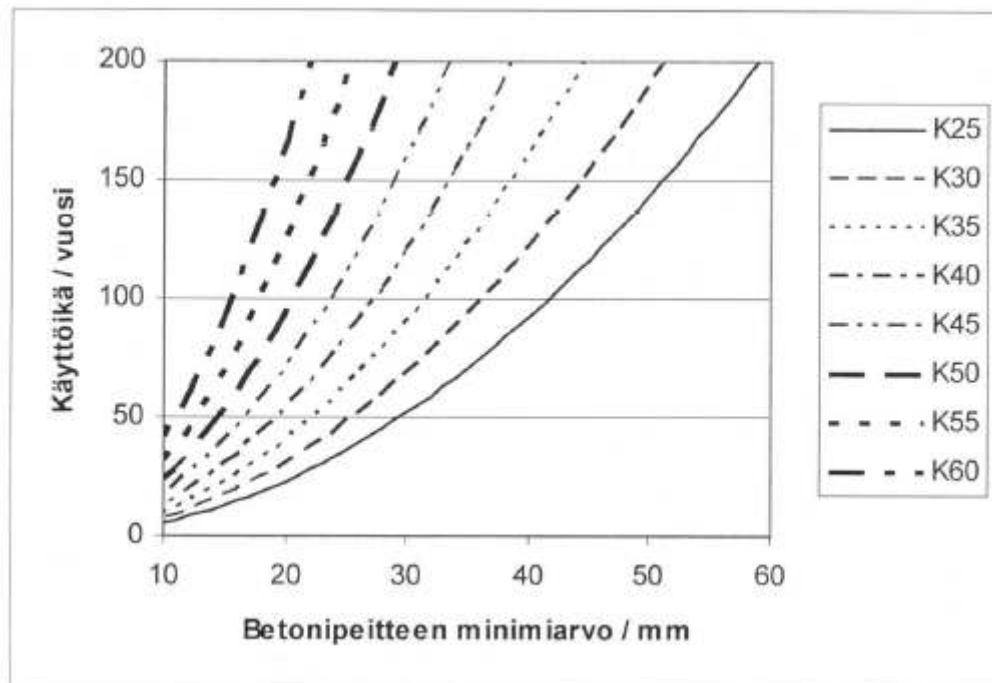
Kuva 10. Raudoituksen korroosiossa syntyvien paisuvien korroosiotuotteiden vaikutus. [3, s. 102.]

Raudoituksen pinnasta liukenee materiaalia korroosion seurauksen. Tämä aiheuttaa raudoitteiden poikkileikkausalan pienenemistä sekä rakenteen kantavuuden alenemaa. Ensimmäisenä korroosion vaikutukset näkyvät raudoitteita peittävän betonikerroksen halkeamina ja lohkeamisina. [7, s. 19.]

Raudoituksen poikkipinta-ala pienenee korroosion seurauksena, joka on kuitenkin vain harvoin ensisijainen syy rakenteen korjaustarpeeseen. Korroosiotuotteiden tilavuus ei kuitenkaan muodostu suureksi ja korroosionopeus pysyy pienenä olosuhteissa joissa happea on vähän. Tässä tapauksessa korroosiotuotteet työntyvät hitaasti betonin huokosiin jolloin korroosiota on vaikea havaita ja korroosio voi edetä niin pitkälle, että rakenteen kantokyvyn aleneminen on ensisijaisena syynä korjaustarpeeseen. Halkeaman kohdalla tapahtuvassa korroosiovauriossa raudoitustankojen poikkipinta-alan pientyminen johtaa rakenteen vaurioitumiseen ilman, että betonipeite lohkeilee. [3, s. 103.]

Raudoitteiden peitepaksuudet ovat usein riittämättömiä parvekkeiden ohuissa kaiderakenteissa sekä pieliteräksissä. Korroosion aiheuttamat vauriot ovat näissä lähinnä esteettisiä mutta mahdollinen betonin lohkeilu voi vaarantaa ympäristön turvallisuuden.

Korroosion eteneminen parvekelaattojen alapinnoissa on yleensä hidasta kosteusrasituksen ollessa alhainen, joka mahdollistaa aktiivisen korroosion jatkumisen vuosien ajan ennen kuin havaitaan näkyviä korroosiovaurioita. [7, s. 26.]



Kuva 11. Aika, joka kuluu sateelta suojatussa rakenteessa (XC3-luokka) siihen, kun karbonatisoitunut kerros saavuttaa minimietäisyydellä olevat teräkset. [13, s. 13.]

### 3.3.2 Betonin karbonatisoituminen

Betonin neutralisoitumisreaktiota kutsutaan karbonatisoitumiseksi. Neutralisoitumisreaktion seurauksena betonin huokosveden pH-arvo laskee. Ilman sisältämän hiilidioksidin tunkeutuminen betoniin aiheuttaa ko. reaktion. Karbonatisoituneella vyöhykkeellä betonin pH-arvo laskee lähelle arvoa 8,5. [7, s. 21.]

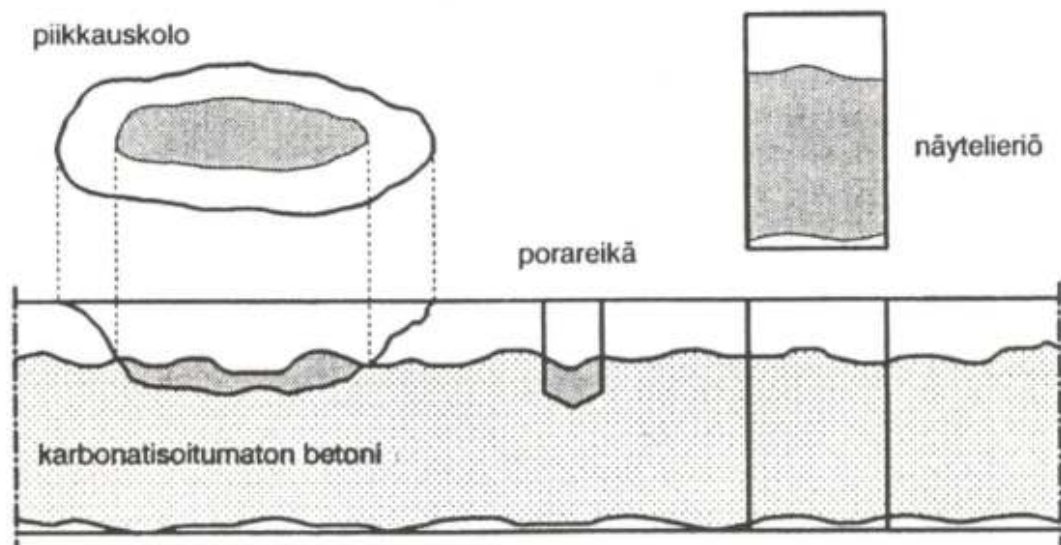
Betonin tiiveys vaikuttaa suuresti karbonatisoitumisen etenemiseen, mitä tiiviimpää betoni on, sitä hitaammin karbonatisoituminen etenee. Eteneminen alkaa rakenteen pinnalta edeten suhteellisen tasaisena rintamana. Etenemisnopeus on hidastuva ja sen määrää ilman hiilidioksidin tunkeutuminen betoniin. Karbonatisoitumissyvyys voidaan arvioida kaavalla  $X = k\sqrt{T}$ . Kaavassa k on karbonatisoitumiskerroin, jonka hajonta on suuri. Hiilidioksidi voi tunkeutua betonin ilmatäytteisiin huokosiin. Näin ollen, jos rakenteet ovat sateelta suojattuja, on karbonatisoituminen nopeampaa kuin, jos ne ovat sa-



teelle alttiina. Karbonatisoituminen edellyttää kuitenkin myös vähäistä kosteutta. Voimakkaimmin karbonatisoituminen etenee ilman suhteellisen kosteuden ollessa noin 50...60 %. [3, s. 98.]

Sadevesi hidastaa tehokkaasti karbonatisoitumista koska huokosverkoston täytyessä vedellä hiilidioksidin tunkeutuminen vähenee eli betonin kosteuspitoisuus vaikuttaa karbonatisoitumiseen. Esim. betonin karbonatisoituminen on tyypillisesti hyvin hidasta parvekelaattojen yläpinnoissa. Karbonatisoitumisen aiheuttama reaktio voi tapahtua ainoastaan vesiliuoksessa, jonka johdosta karbonatisoituminen pysähtyy hyvin kuivissa olosuhteissa (alle 30 % RH). [7, s. 21.]

Rakenteesta porataan lierionäyte tai rakennetta piikataan auki karbonatisoitumissyvyyden määrittystä varten. Paljastettuun pintaan ruiskutetaan fenoliftaleiiniliuosta. Mikäli betoni on edelleen emäksistä muuttuu väri violetiksi kun taas karbonatisoituneessa betonipinnassa väri ei muutu. Karbonatisoitumissyvyys saadaan mittaamalla keskiarvo betonin pinnalta värjäytyneeseen betoniin. [3, s. 337.]



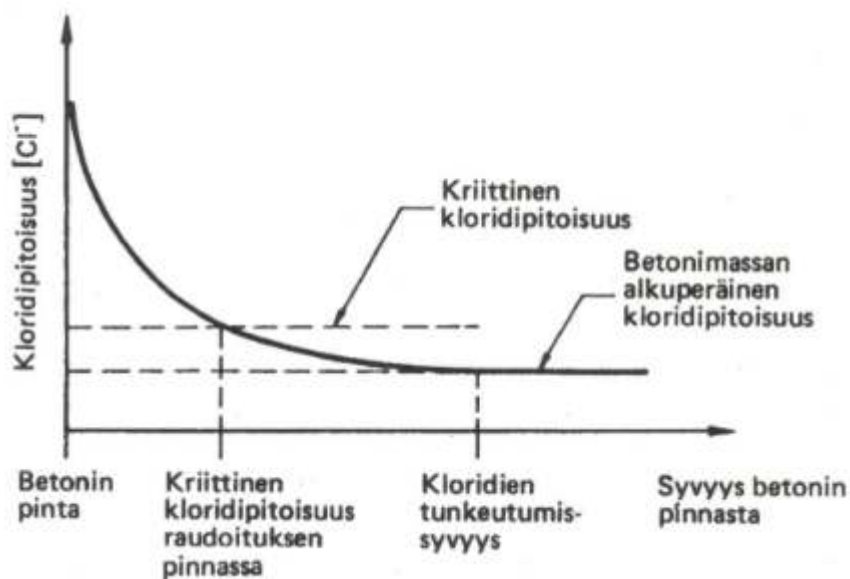
Kuva 12. Karbonatisoitumissyvyyden määrittäminen fenoliftaleiinin avulla. Karbonatisoitumaton betoni värjäytyy violetin värisiksi. [3, s. 337.]

### 3.3.3 Kloridien tunkeutuminen betoniin

Raudoitus voi ruostua karbonatisoitumattomassa betonissa kloridien vaikutuksesta. Klorideja tunkeutuu betoniin yleisimmin merivedestä tai suolauksen seurauksena. Betonin valmistuksen yhteydessä klorideja ei enää käytetä. [3, s. 99.]

Mahdollisia kloridien lähteitä ovat valmistusvaiheessa käytetyt lisäaineet sekä ulkoiset rasituslähteet, joita ovat mm. kiinteistön kunnossapidon käyttämät jäänsulatussuolat ja rannikkoseuduilla tuulien kuljettama merivesi. [7, s.24.]

Kriittinen kloridipitoisuus on noin 0,05...0,12 % betonin painoista (noin 0,4...0,9 % sementin painosta). Sementin kyky sitoa klorideja vaikuttaa kriittiseen kloridipitoisuuteen, koska raudoituksen kloridien aiheuttamaa korroosiota aiheuttavat vain huokosvedessä olevat kloridit. Sementin kyky sitoa klorideja riippuu mm. sen kalsiumaluminaattipitoisuudesta. Betonin karbonatisoiduttua sen aiemmin sitomat kloridit vapautuvat joka nopeuttaa raudoitteiden ruostumista. Betonin kykyä sitoa klorideja kemiallisesti voidaan kasvattaa sementtimäärää lisäämällä. [3, s. 99.]



Kuva 13. Betonin kloridipitoisuus eri syvyyksillä pinnasta, kun siihen on tunkeutunut klorideja ympäristöstä. [3, s. 100.]

Raudoitteen pistemäinen ja voimakas korroosio on ominaista kloridikorroosiolle, erityisesti silloin kun kloridit ovat tunkeutuneet kovettuneeseen betoniin. Karbonatisoituminen kiihdyttää kloridikorroosiota koska sementtikiveen sitoutunutta kloridia vapautuu

huokosveteen karbonatisoitumisen johdosta. Tämän takia kloridikorrosio voi edetä pitkälle rakenteen sisällä ennen kuin vauriot ovat havaittavissa silmämääräisesti. [7, s. 24.]

### 3.3.4 Betonin rapautuminen

Seuraavat turmeltumisilmiöt voivat rapauttaa betonia:

- pakkasrapautuminen
- ettringiittireaktio
- alkalirunkoainereaktio

Pakkasrapautuminen on merkittävin rapautumisilmiö suomalaisissa betonijulkisivuissa ja parvekkeissa. Muutkin rapautumisilmiöt ovat kuitenkin mahdollisia, mutta harvinaisia. Rapautumisen syytä on vaikea tunnistaa silmämääräisesti koska edellä mainittujen rapautumisilmiöiden aiheuttamat näkyvät vauriot ovat hyvin samankaltaisia. Rapautumisen eri syiden yhdistävänä tekijänä on niiden vaatima korkea kosteusrasitus. [7, s. 27.]

### 3.3.5 Pakkasrapautuminen

Betonin huokosverkostossa olevan veden jäätymislaajeneman synnyttämä paine aiheuttaa pakkasrasitusta. Jääkiteen tilavuuden kasvu lämpötilan noustessa kasvattaa vielä lisää painetta. Veden jäätyessä se laajenee noin 9 tilavuusprosenttia. Lämpötilan laskiessa veden jäätymispisteen alapuolelle kaikki huokosverkossa oleva vesi ei jäädykkään saman aikaisesti, vaan huokosveden jäätymisaste alenee huokossäteen pienenessä. Betonissa on oltava ilmahuokosia eli ns. suojahuokosia, joihin laajeneva vesi voi tunkeutua eivätkä ne täyty vedellä kapillaarivoimien vaikutuksesta. [7, s. 28.]

Lisähuokostusta aloitettiin käyttämään systemaattisesti vasta 1970-luvun puolivälissä. Mikäli kosteusrasitus on ollut vähäistä ja betoni riittävän tiivistä, on mahdollista että vanhemmat huokostamattomat betonirakenteet ovat kestäneet niihin kohdistuneen pakkasrasituksen. Korjattaessa vanhoja rakenteita tulisi aina pyrkiä alentamaan rakenteiden kosteusrasitustasoa. [7, s. 29.]

Vaurioiden syntymiseen vaikuttavat betonin laadun lisäksi rasitusolosuhteet sekä rasi-  
tussyklit. Esimerkiksi pakkasrasitusolosuhteet ovat ankarammat meren lähistöllä sekä  
Etelä-Suomessa verrattuna sisämaahan tai Pohjois-Suomeen. [7, s. 29.]

### 3.3.6 Ettringiittireaktio

Ettringiittireaktioita ilmenee yleensä betonin kovettumisen aikana suoritettua liian  
voimakkaan lämpökäsittelyn ja kosteusrasituksen yhteysvaikutuksesta ja ulko-  
asultaan se muistuttaa tavallista pakkasrapautumista. Voimakas lämpökäsittely  
aiheuttaa sementin kovettumisreaktiossa häiriöitä, jotka altistavat betonin ettrin-  
giittireaktiolle. Ettringiittireaktio on betonissa olevan sementtikiven sulfaattimine-  
raalien kemiallinen reaktio, jossa reaktiotuotteissa tapahtuu suurta tilavuuden  
kasvua. Ettringiittimineraali kiteytyy yleensä betonin huokosten seinämille ja ai-  
heuttaa näin betonin pakkasenkestävyyden heikkenemistä. [7, s.31.]

Mikäli ettringiittireaktio on voimakas, voi betoniin aiheutua painetta suojahuokosten  
täyttymisen johdosta. Tämä taas aiheuttaa betonissa säröilyä. Betonin lämpökäsittelyä  
seuraamalla ja alentamalla betonin kosteusrasitusta voidaan ehkäistä ettringiittireaktio-  
ta. [7, s.31.]

### 3.3.7 Alkali-kiviainesreaktiot

Alkalirunkoainereaktiota ilmenee betonissa, mikäli betonin sementti sisältää riit-  
tävästi alkaleja (Na, K) ja kiviaineksessa on heikosti alkalisuutta sisältäviä mine-  
raaleja sekä mikäli betonin kosteuspitoisuus on riittävän korkea. Alkalirunkoaine-  
reaktio aiheuttaa betonissa pinnan laukkuutta, tiheää verkkohalkeilua ja betonin  
paisumista. Vauriot muistuttavat pakkasrapautumisen aiheuttamaa halkeilua. Al-  
kalirunkoainereaktiota on Suomen olosuhteissa hyvin harvinainen vauriomuoto,  
sillä Suomessa käytettävät tiiviit syväkivilajit ovat yleensä kemiallisesti hyvin kes-  
täviä. [7, s.32.]

Alkali-kiviainesreaktion aiheuttamaa betonin vaurioitumista voi verrata lähinnä sulfaat-  
tien aiheuttamaan vaurioitumiseen. Betoniin käytetty reagoiva kiviaines ja huokosveden  
alkalit ovat osallisina paisumista ja halkeilua aiheuttaviin reaktioihin. Alkali-  
lähteitä ovat betonissa käytetty sementti, lisäksi on mahdollista että alkaleja pääsee betoniin  
ulkpuolelta. [3, s. 119.]

Alkalikiviainesreaktioita on kolmenlaisia: Alkali-silikaatti, alkali-piihappo ja alkali-  
karbonaattireaktio. Alkali-silikaattireaktiossa betonin huokosveden alkalit vaikut-  
tavat joihinkin betonin kiviaineksen silikaattisiin yhdisteisiin. Kiviaineksen reaktii-  
visuus riippuu monista tekijöistä ja sen arviointi voi olla vaikeaa. Reaktiossa syn-  
tyy alkali-silikaattigeeliä. Jos betonissa on riittävästi kosteutta, aiheutuu tästä pai-  
sumista ja betonin pintakerroksen voimakasta kuivumista sekä edelleen betonin  
rapautumista. [3, s. 119.]

Erikoisementtejä, joiden alkalipitoisuus on pieni, voidaan käyttää reaktion estämiseksi tai vähentämiseksi. Tiiviin betonin käyttäminen sekä betonin suojaaminen kosteudelta esim. sopivalla pintakäsittelyllä vähentää betonin vaurioitumista. Betonissa ilmenee paisumista ja halkeilua alkali-piihappo- ja alkali-karbonattireaktion seurauksena [3, s. 119-120.]

### 3.3.8 Sulfaatit

Betonin sulfaattien aiheuttamassa vaurioitumisessa sulfaatti-ionit tunkeutuvat betoniin ja reagoivat vain sementtikiven tiettyjen yhdisteiden kanssa. Reaktiotuotteiden tilavuus on suurempi kuin lähtöaineiden tilavuus, mistä aiheutuu paisumista ja betonin epäsäännöllistä halkeilua. Halkeilu helpottaa edelleen sulfaattien tunkeutumista betoniin ja sen rakenne voi hajota kokonaan. Sulfaattivaurion kemiallisessa reaktiossa sulfaatit reagoivat ensin sementtikiven kalsiumhydroksidin kanssa, jolloin muodostuu kipsiä. Tämän jälkeen sulfaatti-ionit ja kipsi reagoivat edelleen kalsiumalumiinaatti-hydraattien kanssa. [3, s. 118.]

Pääsyyinä betonin vaurioitumiseen on reaktiosta aiheutuvat ettringiitin moninkertainen tilavuus verrattuna lähtöaineiden tilavuuteen. Vaurioituminen edellyttää betonin tarpeeksi korkeaa kosteuspitoisuutta. Vanhat merenpohjat ja kiisupitoiset maat ovat tyypillisiä paikkoja joissa sulfaattipitoisia maita löytyy. [3, s. 118-119.]

## 4 Korjaussuunnittelu

Korjauskohteissa olemassa olevien rakenteiden kunto ja suunnitelmien mukaisuus tulee varmistaa sekä mahdolliset vauriot ja niiden syyt selvittää ennen kuin korjaussuunnittelua voidaan aloittaa. Nämä selvitetään kuntotutkimuksen ja/tai rakenneavausten sekä materiaalinäytteiden perusteella.

Ennen korjaussuunnitelman laatimista betonirakenteet on tarkastettava ja tutkittava huolellisesti ennen. Vaurioiden syyt on pyrittävä selvittämään. Vaurion aiheuttaja on aina poistettava, jos se on mahdollista. Mikäli puretaan rakenteita vain silmämääräisiin havaintoihin perustuen ilman riittäviä tutkimustoimenpiteitä, voidaan joutua tilanteeseen jossa korjauksien jälkeen korrosio jatkuu perusrakenteessa ja vaurio uusiutuu varsin lyhyellä aikavälillä. [3, s. 336.]

Kaikille rakenteille on monia periaatteellisia, soveltuvia korjausvaihtoehtoja, mutta niiden ominaisuudet ja soveltuvuus havaittuihin vaurioihin vaihtelee. Korjausvaihtoehtojen

käyttöikä, rakenteelle tuleva suoja sekä kustannukset vaihtelevat myös suuresti. [10, s. 3.]

Maankäyttö- ja rakennuslain 118§ mukaan rakentamisessa, rakennuksen korjaus- ja muutostyössä ja muita toimenpiteitä suoritettaessa samoin kuin rakennuksen tai sen osan purkamisessa on huolehdittava siitä, ettei historiallisesti tai rakennustaiteellisesti arvokkaita rakennuksia tai kaupunkikuvaa turmella.

Korjausrakentamisessa korjausajankohdan rakentamissäännöksiä joudutaan usein soveltamaan tapauskohtaisesti harkintaa käyttäen.

Lähtökohtana korjaustapoja valittaessa on, että kuntotutkimus on suoritettu oikein ja riittävän laajasti sekä sen tulosten perusteella on määritely juuri sille kohteelle teknisesti soveltuvimmat korjausvaihtoehdot. Tilaaja voi kuitenkin valita myös kuntotutkimuksen suosituksista poikkeavan korjaustavan. Tilanne voi tulla eteen esimerkiksi silloin kun päätetään olla korjaamatta koko rakennetta ja halutaan käyttää se ns. loppuun. Vaihtoehtoisesti voi tulla vastaan tilanteita joissa päädytään uusimaan rakenne sen korjaamisen sijasta. [10, s. 3.]

Korjausperiaatteet voidaan jakaa karkeasti kolmeen vaihtoehtoon: [5, s. 15.]

- alkuperäisen rakennusosan kunnostus eli säilyttävä korjaus
- alkuperäinen rakennusosa jätetään uusien rakenteiden alle eli peittävä korjaus
- alkuperäinen rakennusosa päätetään purkaa kokonaan tai osittain ja korvataan uusilla rakenteilla eli purkava korjaus

Useimmissa tapauksissa korjausperiaatteen valintaan vaikuttavat useat eri seikat. Näitä seikkoja ovat mm: [2, s. 15.]

#### Tekniset seikat

- rakenteellinen varmuus ja turvallisuus
- vauriotilanne ja siitä seuraava tekninen korjaustarve
- suojaustarve (vaurioitumiselta suojaaminen)
- korjaustavan kyky poistaa ongelmat ja vauriot

- korjauksen työtekeminen toteutettavuus
- korjauksen onnistumiseen liittyvät riskit
- liittyvien rakenteiden korjaustarve (esim. ulkoseinien korjauksessa ikkunoiden ja parvekkeiden tuleva korjaustarve)

#### Taloudelliset seikat

- korjatun rakenteen käyttöikä
- korjauskustannukset
- ylläpito- ja käyttökustannukset
- vaikutukset energiatehokkuuteen
- vaikutukset ulkonäköön ja arkkitehtuuriin
- korjaustyön aikaiset haitat korjauskohteen käytölle
- ympäristöystävällisyys
- toiminnalliset vaikutukset (esim. vedontunteen väheneminen asunnossa tai parvekkeen käytettävyyden parantuminen)

#### Yhteiskunnalliset seikat

- vaikutus ympäristöön
- kaavamääräysten asettamat rajoitukset
- suojelutarve tai -päätökset [2, s. 15.]

Kuntotutkija, suunnittelija tai rakennuttajakonsultti eivät voi päättää korjausmenetelmää, vaan päätöksen tekee aina kiinteistön omistaja. Muut osapuolet toimivat hankkeessa tilaajan asiantuntijoina ja esittävät vaihtoehtoiset korjausmenetelmät hyötyineen ja mahdollisine haittoineen riittävän selvästi jotta kiinteistön omistaja saa selkeän käsityksen eri vaihtoehdoista päätöksensä tueksi. [10, s. 5.]

Useimpien korjaustapojen toimivuuden edellytys on, että kaikki vaurioitunut (rapautunut tai raudoitteita ympäröivä karbonatisoitunut tai kloridipitoinen) betoni

poistetaan ennen varsinaiseen korjaustyöhön ryhtymistä. Kuitenkin, jos korjaustapa on valittu siten, että voidaan varmistua rakenteen olosuhteiden paranevan niin, että esimerkiksi raudoitteiden korroosio hidastuu merkityksettömän hitaaksi, ei ole tarpeen poistaa ehjää karbonatisoitunutta betonia. [2, s. 21.]

Taulukko 3.2 Vetolujuusarvojen tulkinta tavanomaisen julkisivubetonin tapauksessa. [2, s. 22.]

	Vetolujuus	Murtotapa ja -kohta	Huomautuksia
Pitkälle edennyt rapautumaa	Luokkaa alle 0,5 MPa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kiviainesrakeiden pintaa pitkin</li> <li>Murtopinnalla saattaa esiintyä suolamuodostumia (lievät halkeamat)</li> <li>Murtokohta usein lähellä pintaa</li> </ul>	<p>Tulkinta voi olla ongelmallista, jos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>betonin vetolujuus on ollut alun perinkin heikko</li> <li>kiviaineena käytetty pyöreää luonnonkiviainesta tai muutoin heikkolujuuksista kiviainesta</li> </ul>
Jonkinasteista rapautumaa	Luokkaa alle 1,0 MPa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Murto kiviainesrakeiden pintaa pitkin</li> <li>Murto usein lähellä pintaa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>rakenteessa on muita esim. kuivumisesta tai kuormituksesta aiheutuneita halkeamia</li> </ul>
Ei rapautumista	Luokkaa 1,5 MPa tai yli	<ul style="list-style-type: none"> <li>Murto kiviaineisrakeita rikkova</li> <li>Murtopinta suora ja tasainen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>näytteessä on raudoitusta</li> </ul>

#### Raudoitteiden korroosioauriot

Mikäli korjaustoimilla ei pystytä vaikuttamaan rakenteen olosuhteisiin niin, että raudoitteiden korroosio hidastuu selvästi, liian lähellä pintaa oleva rauditus on paikallistettava ja piikattava esiin. Korroosiovaarassa olevien raudoitteiden paikallistaminen ja esiin piikkaaminen on syytä tehdä erityisen huolellisesta, jos korjauksella tavoitellaan pitkää käyttöikää, korjattava rakenne on rakenteellisesti vaativa, sen uusiminen on vaikeaa tai sitä ei ole mahdollista myöhemminkään korjata verhoustyypisellä korjauksella. [2, s. 23.]

Korroosioaurioiden etenemistä pystytään hidastuttamaan paikkakorjauksilla sekä pinnoitusten uusimisella. Pinnoituksissa tulevat yleensä kyseeseen ruiskutettavat tai käsin levitettävät maalit ja siihen verrattavissa olevat pinnoitteet, esimerkiksi parveke- laattojen vedeneristyksessä käytettävät polyuretaanipinnoitteet [11, s. 5.]



Parvekepielille ja kaiteille soveltuvia korjausvaihtoehtoja ovat eri tyyppiset verhouskorjaukset, mikäli rakenteet eivät ole vaurioituneet syvemmältä rakenteen sisältä eikä vaurioituneita osia ole tarve poistaa. Verhouskorjauksella pyritään vähentämään rakenteen ympäristö-/kosteusrasitusta [11, s. 5.]

Mikäli vauriot ovat edenneet paikallisesti jo syvemmälle tai ne johtuvat esim. parvekkeen puutteellisista kaadoista, joudutaan valitsemaan raskaampi korjaustapa. Vaurioiden laajuudet määrittelevät korjausten ns. raskausasteen. [11, s. 5.]

Esimerkkinä raskaampaa korjausta vaativasta vauriosta voi mainita parvekelaattojen etu-/otsapintojen vauriot, joiden korjaamiseksi parvekkeiden etureunoista voidaan joutua piikkaamaan vaurioitunutta betonia pois 100 - 200 mm, tekemään tarvittavat raudoituksien korroosikorjaukset sekä jopa uusimaan raudoitteita ja betonoimaan tämän jälkeen etureunat uudelleen. Tämän tyyppisen korjauksen johdosta joudutaan tekemään myös pinnoitekorjauksia paikkakorjausmenetelmällä (uudet otsapinnat, liittyvät rakenneosat) sekä lisäksi parvekelaatan vedeneristys joudutaan tässä yhteydessä uusimaan. Mikäli kaadot ovat olleet puutteellisia, voidaan niitä korjata samassa yhteydessä.

Toinen tyypillinen osittain purkava korjaus on parvekekaiteiden uusiminen, jossa kaideosat puretaan ja muilta osin tehdään kevyempiä korjauksia. Uusi kaiderakenne voidaan toteuttaa joko betoni, teräs tai lasirakenteisena sekä näiden yhdistelmänä. [11, s. 5-6.]

Raskaimpana vaihtoehtona on koko parvekkeen uusiminen. Riippuen parvekkeiden toteuttamistavasta, voidaan joutua purkamaan myös kantavat parvekkeiden seinä-/pielielementit mikäli parvekkeita ei ole kannatettu välipohjasta. Uusien parvekkeiden toteutustapa riippuu kohteesta, vaihtoehtoisia tapoja ovat mm. paikallavaletut ulokeparvekkeet, elementtirakenteiset parvekkeet tai teräsrakenteiset parvekkeet. Suunnittelu voidaan toteuttaa varsin vapaasti sekä ulkonäön että koon suhteen [11, s. 6.]

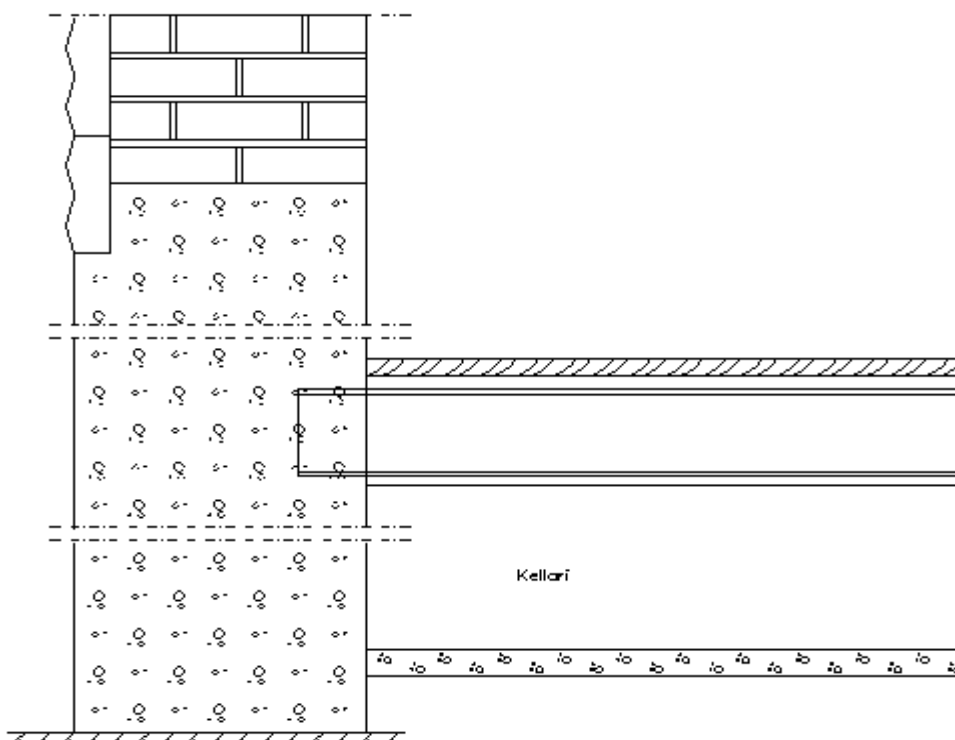
## 5 Esimerkkikohde

Tontilla sijaitsevat rakennukset ovat suunniteltu ja toteutettu 1800-luvun lopulla ja 1900-luvun alussa edustaen näin edellä mainitun aikakauden rakentamisen monivaiheisuutta.

Kohde on 1910-luvulla valmistunut myöhäisjugendtyylinen asuinkerrostalo, joka edustaa alueen rakennusaikakauden rakennuskantaa. Julkisivu on pääosin rapattu ja maalattu, kellarikerroksen julkisivussa on käytetty squared rubble- graniittia. Viistokulmaiset erkkerit toimivat julkisivun pääaiheena. Kohde on suunniteltu vuosien 1911-1912 aikana. Kadun puoleinen julkisivu on suojeltu.

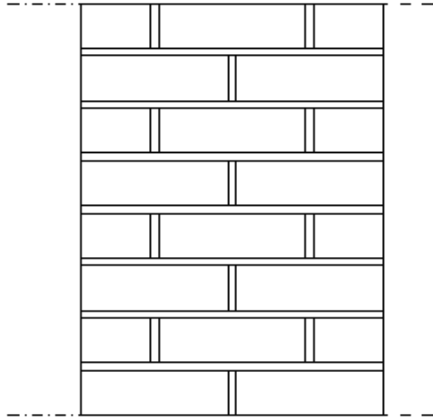
Ulkoseinien pääasiallisena rakennusmateriaalina on tiili. Alapohjarakenteena on maanvarainen betonilaatta. Vesikatteena on konesaumattu peltikate ja kattomuotona on loiva harjakatto. Ilmanvaihtojärjestelmänä on painovoimainen poistoilmanvaihto.

Rakennus on perustettu maanvaraisesti kallion / kantavan perusmaan varaan. Perustukset ja kellarikerroksen kantavat ulko- ja väliseinärakenteet ovat paikalla valettuja betonirakenteita. Sokkelissa / julkisivussa on luonnonkiviverhous (graniitti)



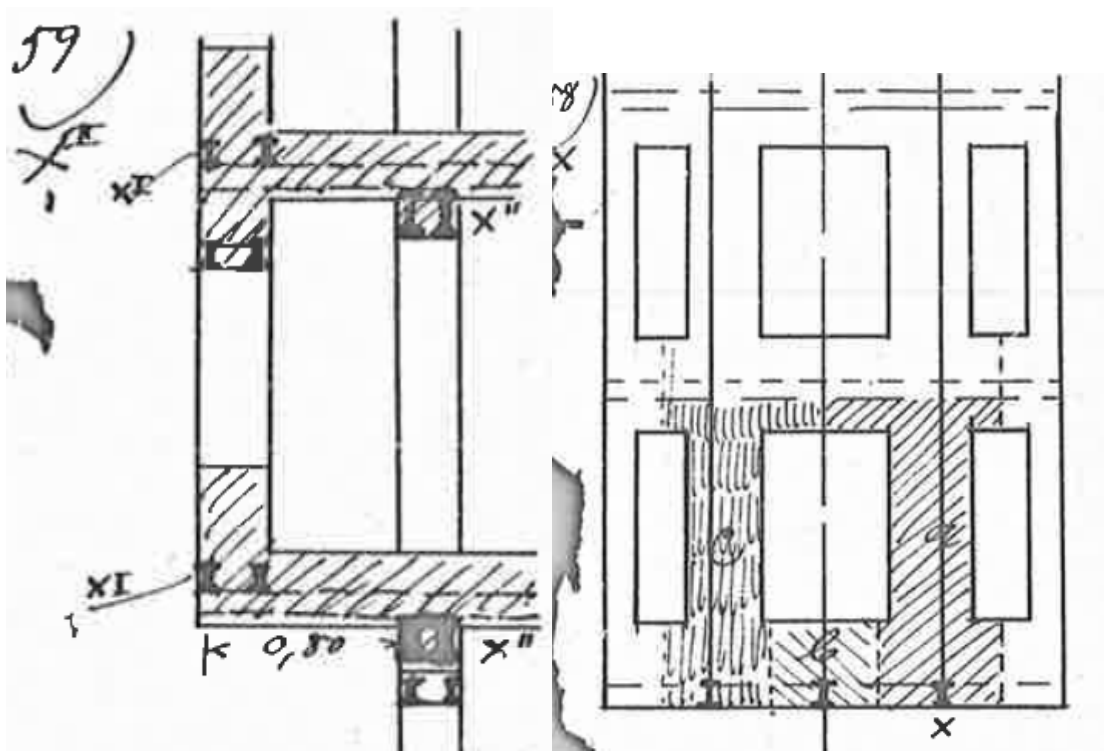
Kuva 14. Periaateleikkaus kellarin seinästä ja kellarin katon liittymästä.

Ulkoseinät ovat 2-kiven täystiilimuureja, jotka on rapattu molemmin puolin. Julkisivussa on neljä viistopintaista erkkeriä.



Kuva 15. Periaateleikkaus ulkoseinästä.

Talon erkkerit ovat kannatettu teräsprofilein välipohjasta. Erkkerien ikkuna-aukkojen ylityksissä on käytetty myös teräsprofileileja.

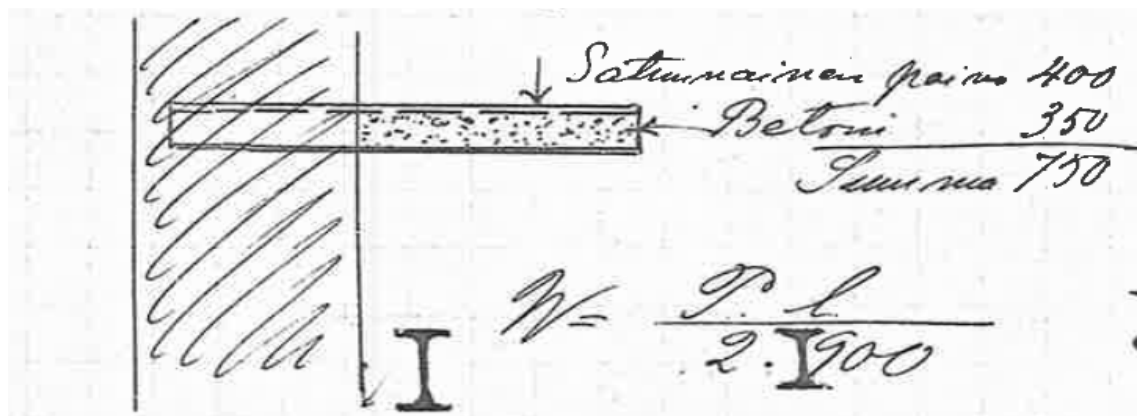


Kuva 16. Erkkerien kannatus (esitetty kohteen alkuperäisissä rakennelaskelmissa)

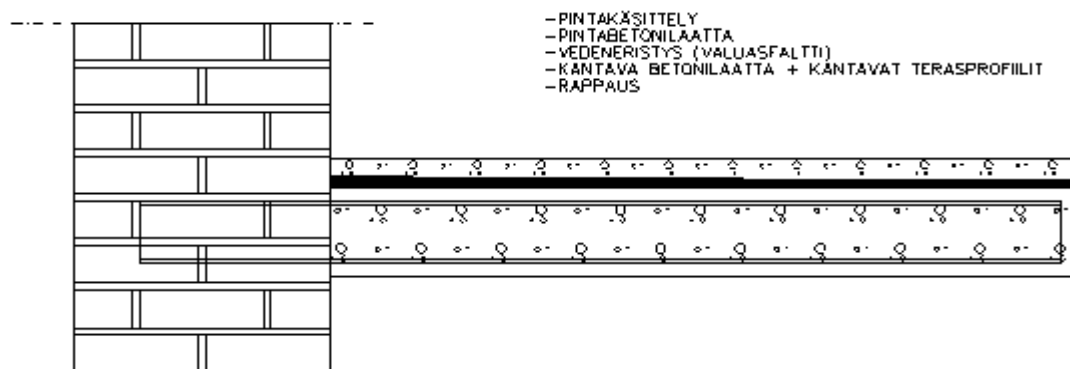
Tuuletusparvekkeet on kannatettu ulkoseinärakenteesta teräsprofiilein. Teräsprofiilit I-rauta NP n:o xx, esitetty alkuperäisissä rakennepiirustuksissa.



Kuva 17. Tuuletusparvekkeiden teräsprofiilien sijainti alkuperäisessä tasopiirustuksessa.

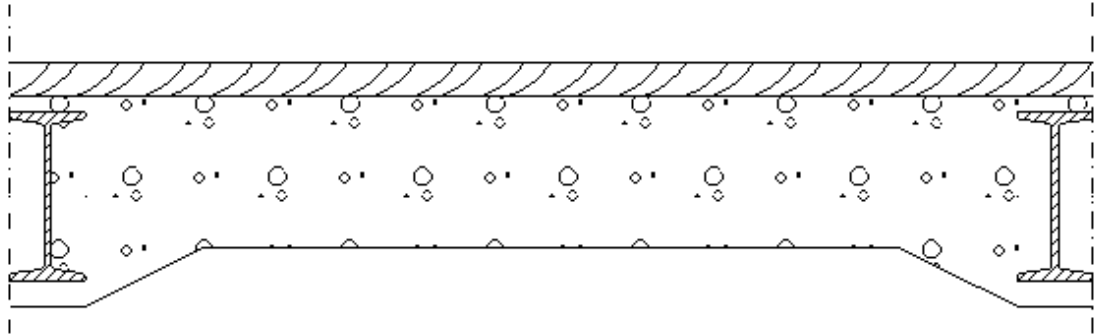


Kuva 18. Ote tuuletusparvekkeiden teräsprofiilien alkuperäisestä rakennelaskelmasta.



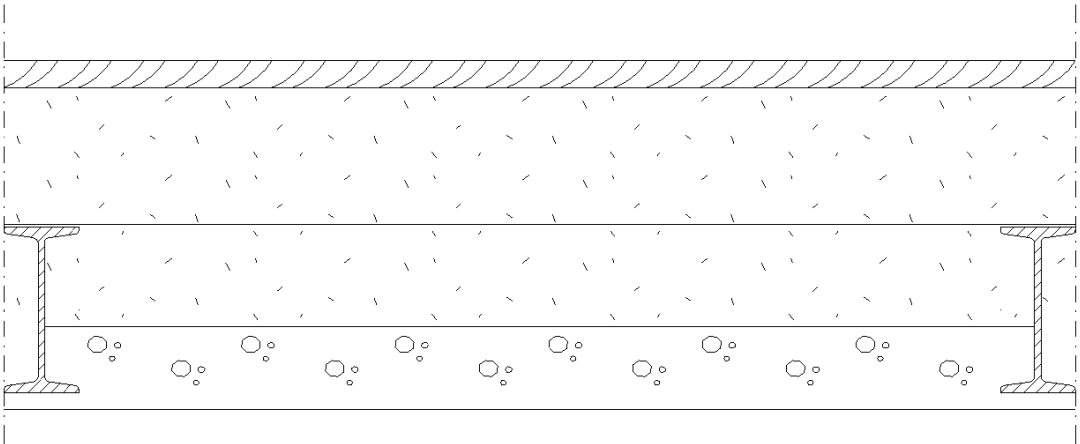
Kuva 19. Periaateleikkaus tuuletusparvekkeen kannatuksesta.

Kellarikerroksen katto on teräsprofiilien varaan valettu rautabetonilaatta. Teräsprofiilit I-rauta NP n:o xx, esitetty alkuperäisissä rakennepiirustuksissa.



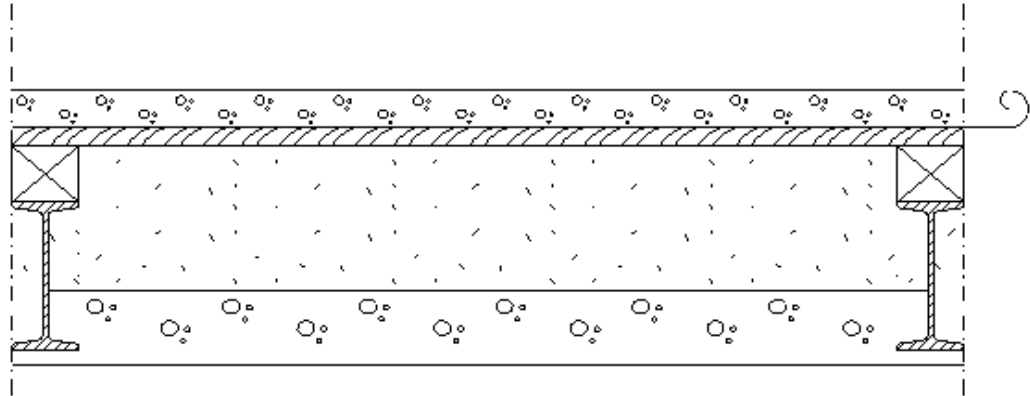
Kuva 20. Periaateleikkaus kellarin katosta.

Välipohjat ovat teräsprofiilien varaan valettuja rautabetonilaattoja. Teräsprofiilit I-rauta NP n:o xx, esitetty alkuperäisissä rakennepiirustuksissa. I-profiilien päällä on puukorokkeet, joihin lattialaudat on kiinnitetty. Täytteenä on koksikuonaa.



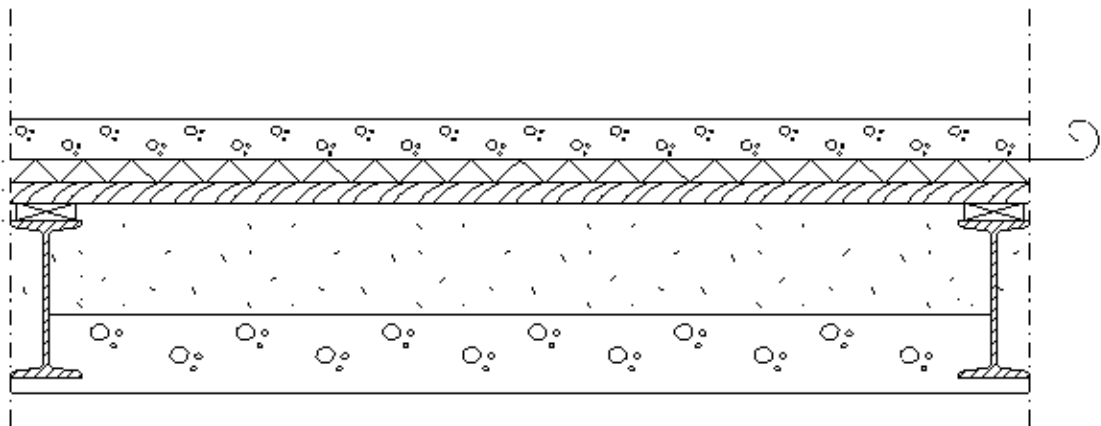
Kuva 21. Periaateleikkaus välipohjasta.

Alkuperäinen yläpohja / palopermanto on teräsprofiilien varaan valettu rautabetonilaatta. Teräsprofiilit I-rauta NP n:o xx, esitetty alkuperäisissä rakennepiirustuksissa. I-profiilien päällä puukorokkeet, joihin permannon kannatuslaudat on kiinnitetty. Kannatuslautojen päälle on valettu betonista palopermanto. Täytteenä on koksikuonaa.



Kuva 22. Periaateleikkaus alkuperäisestä yläpohjasta / palopermannosta.

Nykyinen rakenne (ullakkokerros välipohja) on teräsprofiilien varaan valettu rautabetonilaatta. Teräsprofiilit I-rauta NP n:o xx, esitetty alkuperäisissä rakennepiirustuksissa. I-profiilien päällä on puukorokkeet, joihin permannon kannatuslaudat on kiinnitetty. Täytteenä on koksikuonaa. Kannatuslautojen päälle on asennettu 30 mm mineraalivilla, jonka päällä on sitkeä paperi + teräsbetonilaatta 50 mm. Rakenteet on esitetty tarkemmin ullakkohuoneistojen rakentamiseen liittyvissä rakennesuunnitelmissa.



Kuva 23. Periaateleikkaus nykyisestä ullakkokerroksen välipohjasta.

Nykyinen vesikattorakenne on puurakenteinen tukeutuen rakennuksen ulkoseinille sekä kantavalle keskilinjalle. Alkuperäiset kantavat hirsirakenteiset vesikaton kannattajarakenteet ovat alkuperäisillä paikoillaan ja niitä on vahvistettu ullakkohuoneistojen rakentamisen yhteydessä. Vesikatteena on konesaumattu peltikate.

## 6 Esimerkkikohteen tuuletusparvekkeiden kuntotutkimus

### 6.1 Tutkimusmenetelmät

Tuuletusparvekkeiden kuntoa tutkittiin poraamalla parvekelaatoista betonilieriöitä yhteensä 4 kpl. Lieriöt porattiin parvekelaatan läpi kahdelta eri parvekkeelta, 2 lieriötä ylimmältä parvekkeelta ja 2 lieriötä alimmalta parvekkeelta. Näytteet toimitettiin laboratorioon analysointia varten. Lieriöistä tutkittiin betonin vetolujuutta sekä otettiin ohut-hienäytteet betonin kunnon selvittämiseksi.

Lisäksi määritettiin betonin karbonatisoitumissyvyys kaikista näytteistä sekä betonin kloridipitoisuus määritettiin kantavasta parvekelaatasta otetusta porajauhenäytteestä.

Pintabetonilaatan alla olevasta vedeneristeestä (valuasfaltti) tutkittiin PAH- ja asbestipitoisuus.

### 6.2 Parvekkeen rakenne

Parvekelaatan rakenne tutkimuspaikan kohdalla ylhäältä alaspäin: pintabetonilaatta 30-40 mm, vedeneriste (valuasfaltti) 15-25 mm, kantava betonilaatta noin 140 mm.

### 6.3 Havainnot ja tutkimustulokset

Valuasfaltista otetun materiaalinäytteen PAH-pitoisuus on alle raja-arvojen ja ko. materiaalia voidaan käsitellä normaalisti analyysivastauksen mukaan. [liite 1, s. 1.] Valuasfaltti ei myöskään sisällä asbestia analyysivastauksen mukaan. Metalliset kaiderakenteet ovat paikoin puhki ruostuneita.



Kuva 24. Ylin parveke. Kaide on ruostunut puhki.



Kuva 25. Ylin parveke. Kaiteessa on runsaasti korroosiovaurioita, paikoin ruostunut puhki.





Kuva 26. Ylin parveke. Betonilieriöiden porauspaikat. Pinnoite on vaurioitunut, samoin pintabetonilaatassa on näkyviä vaurioita.



Kuva 27. Alin parveke. Pinnoite on vaurioitunut.



Kuva 28. Alin parveke. Betonilieriöiden porauspaikat.



Kuva 29. Parvekelaatoista poratut koekappaleet.

### 6.3.1 Vetolujuus

Parvekelaatoista porattujen koekappaleiden vetolujuudet määritettiin standardin SFS 5445 mukaisesti. Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 1. Koekappaleiden vetolujuudet [liite 2, s.1.]

Näyte	Sijainti	Tulos MN/m <sup>2</sup>	Murtokohta	Poikkeama
B2	Parvekelaatta, porattu läpi	1,6	76-83 mm alapinnasta, pääasiassa myötäilee	
B4	Parvekelaatta, porattu läpi	1,3	2-11 mm alapinnasta, pääasiassa myötäilee	
B4	Parvekelaatta, porattu läpi, uusinta	0,9	1-6 mm alapinnasta, pääasiassa myötäilee	
B7	Pintalaatta	0,5	3-8 mm yläpinnasta, pääasiassa myötäilee	
B7	Pintalaatta, uusinta	0,6	2-11 mm yläpinnasta, pääasiassa myötäilee	

Vetolujuusarvoja < 1,0 MN/m<sup>2</sup> voidaan pitää tyypillisinä rapautuneille betoninäytteille ja 1,5 MN/m<sup>2</sup> ylittävissä näytteissä ei yleensä ole merkittävää rapautumaa.

Näytteiden betoni on lujuusominaisuuksiltaan heikkoa. Ainoastaan näytteen B2 vetolujuus ylitti 1,5 MN/m<sup>2</sup>.

### 6.3.2 Ohuthieanalyysit

Ohuthietutkimukset tehtiin soveltaen standardia ASTM C 856-11. Näytteet tutkittiin Nikon SZM745T stereomikroskoopilla ja Nikon E200POL, Nikon CiPOL tai Motic BA310POL polarisaatiomikroskoopilla. Hieen koko oli 48 x 25 (paksuus 0,02-0,025) mm.

Betoninäytteiden kuntoa arvioitiin asteikolla hyvä-tydyttävä-välttävä-heikko.

Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa.

Taulukko 2. Ohuthieanalyysien tulokset [liite 3, s.1.]

Näyte	Rakenneososa	Kunto	Karbonatisoituminen min-max/ka.(mm):	Huokostus/ huokos- täytteet	Rapautuneisuus:
B1	laatta/ alapinta	välttävä	yläpinta 3-6/4 alapinta 80-86/83	ei/vähän karbonaat- tia	0
B3	laatta/ alapinta	välttävä	yläpinta 3-5/4 alapinta 93-112/100	ei/ei	0
B6	laatta/ yläpinta	heikko	yläpinta 3-6/5 alapinta -	ei/runsaasti ettringiitti, kalsiumhydroksidi	4

Betonit ovat laadultaan enintään välttäviä, tiivistys on puutteellinen.

Sideaineen laatu on välttävä, veden määrä on ollut suuri, betonin 1 ja 3 kunto/laatu on välttävä.

Karbonatisoituminen on edennyt erittäin syvälle betoniin, betonin teräksille antama kemiallinen suoja on hävinnyt.

Kiviaineen tartunnat ovat välttävät (betonit 1 ja 3) tai heikot (betoni 6), niitä heikentää betonin huono laatu ja pakkasrapautuminen/kosteusrasitus.

Kiviaineen laatu on hyvä.

Betonit eivät ole huokostettuja eivätkä ne huokosrakenteen perusteella ole pakkaskestäviä kosteusrasituksessa, pintalaatassa 6 on voimakasta pakkasrapautumaa, kunto on heikko.

Laattojen 1 tai 3 alapinnassa ei ole merkittävää pakkasrapautumaa.

Huokosissa/mikrosäröissä (betoni 6) havaittiin voimakkaan kosteusrasituksen aiheuttamia kiteytymiä.

Alapinnan pinnoitteiden kunto ja tartunta alustaan on tyydyttävä, yläpinnan pinnoitteen ja alapintojen tasoitteiden kunto on huono. [liite 3, s.1.]

### 6.3.3 Kloridipitoisuuden määrittäminen

Koe suoritettiin titraamalla yhdestä näytteestä standardin SFS-EN 14629 mukaan (Volhardin menetelmä). Tulokset on esitetty alla olevassa taulukossa [liite 4, s.1.]

Taulukko 3. Näytteen kloridipitoisuuden määrittämisen tulos

Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Kuivapaino [g]	Cl-pitoisuus [p-%]
1	Parvekelaatta, kantava osa	5,18	<0,01

Näytteen kloridipitoisuus on alle 0,01 paino-prosenttia.

#### 6.4 Johtopäätökset ja toimenpide-ehdotukset

Parvekelaatat ovat laboratorion tutkimustulosten perusteella yleisesti ottaen huonossa kunnossa, karbonatisoituminen on edennyt erittäin syväälle betoniin ja betonin teräksille antama kemiallinen suoja on hävinnyt.

Lisäksi tutkimustulosten perusteella parvekelaattojen betonit ovat heikkolujuuksisia.

Osa kaiteista on ruostunut puhki.

Koska parvekelaattojen ja kaiteiden kunto on tutkimustulosten perusteella todella heikko ja karbonatisoituminen on edennyt syväälle betoniin vyöhykkeelle jossa rataakskannattimet sijaitsevat, suositellaan parvekkeiden uusimista kokonaisuudessaan. Paikkakorjausvaihtoehtoa ei ole järkevää edes harkita kyseisessä tapauksessa parvekkeiden koko ja pieni kokonaismäärä (6 kpl) huomioiden.

#### 6.5 Suositeltavat korjaustoimenpiteet

Korjaukset tulee suorittaa huolellisesti ja suunnittelussa tulee käyttää korjaussuunniteluun erikoistuneita suunnittelijoita. Korjausten laadunvarmistukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Suosittelut toimenpiteet on esitetty alla pääpiirteittäin.

Parvekkeiden uusiminen:

- olemassa olevien parvekkeiden ja kaiteiden purkaminen

- ratakiskot säilytetään ehjinä, kunto tarkastetaan purkutöiden jälkeen
- ratakiskojen kunnostus tarvittaessa
- tarvittaessa vetoteräksien lisääminen, riippuen ratakiskojen kunnosta
- uusien parvekelaattojen rakentaminen alkuperäisille paikoilleen
- uusien kaiteiden rakentaminen
- parvekkeiden pinnoittaminen

Alustava kustannusarvio: 10 000,00 – 12 000,00 euroa / parveke.

## 7 Valitut korjaustavat

Hankkeelle haettiin tarvittava rakennuslupa. Hankkeeseen kiinnitetty rakennusarkkitehti laati tarvittavat pääpiirustukset rakennuslupan hakemista varten ja toimi samalla hankkeen pääsuunnittelijana. Koska rakennus on osittain suojeltu ja kyseessä oli kantavien rakenteiden korjaaminen, arvioi rakennusvalvonnan lupakäsittelijä hankkeen vaativaksi hankkeeksi niin arkkitehti- kuin rakennesuunnittelunkin osalta.

### 7.1 Parvekelaattojen uusiminen

Aiemmat parvekelaatat olivat ns. kerroksellisia, kantavan laatan päällä oli vedeneristeenä valuasfaltti, jonka päällä oli pintabetonilaatta. Ulkoreunoja kiersi vesipelti, pelti sijaitsi valuasfaltin ja pintabetonilaatan välissä.

Uudeksi rakenteeksi valittiin noin 180 mm paksu teräbetonilaatta, jonka yläosan etureuna tuotiin 20 mm ulommas muusta laatasta. Tällä saatiin parvekelaatan profiili vastaamaan ulkonäöllisesti alkuperäistä pellitettyä laattaa. Laatan paksuutta hieman maldtamalla saatiin myös lisättyä alun perin varsin matalaa kynnyskorkeutta. Laatan yläreuna muotoiltiin kallistamaan rakennuksesta pois päin 1:80 kaltevuudella.

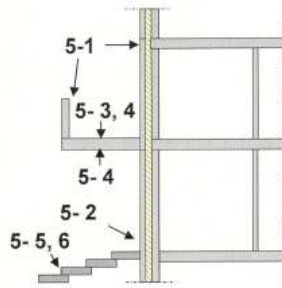
Parvekerakenteen toimivuuden kannalta laatasta on oltava riittävät ja oikean suuntaiset kallistukset. Liian pienet kallistukset aiheuttavat veden lammikoitumista ja kosteusrasituksen kasvamista. Parvekelaatan minimikallistus on 1:80. [12, s. 22.]

Betonilaaduksi valittiin C35/40 ja rasitusluokiksi XC4, XF3. Suojabetonipeitteeksi määriteltiin 35 mm yleisesti sekä 50 mm alkuperäisten ratakiskokannattimien osalle. Ennen

valua ratakiskokannattimet puhdistettiin puhtausluokkaan Sa 2 ja käsiteltiin välittömästi puhdistamisen jälkeen korroosionestolaastilla kahteen kertaan.

Yleensä säilyttämiskelpoiset kannatusrakenteet ovat ratakiskoja tai I-profiileja. Vanhojen harja- tai pyöröterästankojen käyttäminen uudelleen voi olla riskialtista, varsinkin, jos teräsiin syntyy purkamisen yhteydessä pysyviä muodonmuutoksia. Em. kannatusrakenteiden yhteydessä tulee tarkistaa vanhojen teräslaatuja hitsattavuus. [12, s. 20.]

6.5 RAKENNE 5: RIVI- JA KERROSTALON JULKISIVU- JA MUUT ULKORAKENTEET



Taulukko 6.5a Rakennesosat ja rasitusluokkayhdistelmät.

Rakennesosa	Rasitusluokkayhdistelmä	Selite
5-1	XC3,4; XF1	Ulkoseinä; Parvekekaide
5-2a	XC3,4; XD1; XF2	Ulkoseinä, ulkopinta, suolarasitettu <sup>1)</sup>
5-2b	XC3,4; XF1	Ulkoseinä, sisäpinta
5-3	XC4; XF3	Parvekelaatta, vesieristämätön
5-4	XC3; XF1	Parvekelaatta, vesieristetty; laatan alapuoli
5-5	XC3,4; XF3	Ulkoportaat, ei suolata <sup>2)</sup>
5-6	XC3,4; XD2; XF4	Ulkoportaat, suolataan <sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Ulkoseinään voidaan katsoa kohdistuvan suolarasituksia, kun se sijaitsee suolattavan kulkuväylän välittömässä läheisyydessä (etäisyys tiehen < 2 m).

<sup>2)</sup> Jos ulkoportaita ei suolata, mutta on todennäköistä, että portaille kulkueutu hieman suolaa / suolavettä, valitaan rakenne 5-5. Jos on mahdollista että portaita suolataan, valitaan rakenne 5-6.

Taulukko 6.5b Rivi- ja kerrostalon julkisivu- ja muut ulkorakenteet. Betonipeitteen sallittu mittapoikkeama on 10 mm, mikäli käytetään poikkeavaa arvoa, on myös betonipeitteen nimellisarvoa korjattava.

Rakennesosa (taulukkomittauksen vähimmäisarvot, ks. liite 3) Rasitusluokkayhdistelmä	Suunnittelukäyttöikä	Raudoitustyyppi	Paikallavalarakenne			Elementtirakenne		
			Lujuusluokka	Rakenneluokka <sup>2)</sup>	Betonipeitteen nimellisarvo [mm] (Sallittu mittapoikkeama on 10 mm)	Vesi-sementtisuhte	Lujuusluokka	Rakenneluokka
5-1 (7) XC3,4; XF1	50 v	br	K35-2	35	–	K35-1	35	–
	100 v	br rst	K45-2 <sup>2)</sup> K35-2	40 20 <sup>1)</sup>	–	K40-1 K40-1	40 20	–
5-2a (18) XC3,4; XD1; XF2	50 v	br	K40-2	40	0,55	K40-1	35	0,50
	100 v	br	K50-2 <sup>2)</sup>	45	0,50	K45-1	40	0,45
5-2b (7) XC3,4; XF1	50 v	br	K35-2	35	–	K35-1	35	–
	100 v	br rst	K45-2 <sup>2)</sup> K35-2	40 20 <sup>1)</sup>	–	K40-1 K40-1	40 20	–
5-3 (9) XC4; XF3	50 v	br jf	K40-2	35	–	K45-1	30	–
	100 v	br rst	K45-2 <sup>2)</sup> K40-2	40 20 <sup>1)</sup>	–	K45-1	35	–
5-4 (6) XC3; XF1	50 v	br jf	K35-2	35	–	K45-1	30	–
	100 v	br rst	K40-2 K35-2	40 20 <sup>1)</sup>	–	K45-1	35	–
5-5 (9) XC3,4; XF3	50 v	br	K40-2	35	–	K40-2	35	–
5-6 (22) XC3,4; XD2; XF4	50 v	br	K40-2	45	0,55	K40-2	45	0,55

<sup>1)</sup> XC-rasitusluokissa ruostumattomia (B600KX) raudotteita käytettäessä betonipeitteen nimellisarvon on oltava vähintään raudoitteen halkaisija.

<sup>2)</sup> Rakenteen kantavuutta mitoitettaessa ei saa käyttää korkeampaa lujuutta kuin K40, ellei rakennetta toteuteta 1-rakenneluokassa.

Kuva 30. Rivi- ja kerrostalon julkisivu- ja muiden ulkorakenteiden käyttöäsuunnittelun ohjetaulukot/taulukkomitoitus eri rakennesosten rasitusluokista, suunnittelukäyttöiästä, betonin lujuusluokasta ja betonipeitteen nimellisarvoista. [14. s. 56-57.]

Uusi laatta raudoitettiin rakennesuunnitelmien mukaisesti ruostumattomalla harjateräksellä. Laatan ylä- ja alapinta raudoitettiin verkkoraudottein ja ulkoreunoilla kiertää haat sekä 2 kappaletta pitkittäisteräksiä koko laatan ympäri. Laatalta tulevat kuormat on siirretty ns. ripustushakoja käyttäen alkuperäisille ratakiskokannattimille. Koska alkupe- räiset ratakiskokannattimet olivat vielä hyvässä kunnossa, ei uusille tartuntateräksille ollut tarvetta. Kyseisessä kohteessa tartuntateräksien lisääminen olisi ollutkin haastavaa, koska tuuletusparvekkeet sijaitsevat porrastasanteiden välillä kiertävässä por-

taikossa, eikä parvekkeen kohdalla ole lepotasoa johon tartuntateräksiset olisi saatu ankkuroitua.

Paikallavaletut laatat tehdään yleensä ulokeparvekkeina tai sisäänvedettyinä parvekkeina käyttäen hyödyksi vanhoja kannatusrakenteita. Vaihtoehtoisesti ulokeparvekkeen kannatus voidaan tehdä ankkuroimalla uudet ruostumattomat harjateräksiset rakennuksen välipohjaan. Ulokeparvekkeiden vanhat teräksiset kannatusrakenteet on mahdollista säilyttää, jos niissä ei esiinny merkittävästi korroosiota ja niiden kantavuus on uuteen kuormitustilanteeseen nähden riittävä. [12, s. 20.]

Parvekelaatan yläpinta vedeneristettiin käyttäen polyuretaanielastomeeripinnoitetta. Vaihtoehtoisesti parvekelaatta olisi voitu vedeneristää käyttämällä esim. siveltävää, sementtipohjaista vedeneristettä. Tämä ratkaisu olisi vaatinut vielä keraamisen laatoituksen, joka olisi toiminut ko. vedeneristeen mekaanisena suojana. Tätä vaihtoehtoa ei edes harkittu kohteen arkkitehtuuri ja rakennushistoria huomioiden.

Parvekelaatat on yleensä vedeneristettävä. Lasitettavien parvekkeiden osalta vedeneristysten tarpeellisuus tulee harkita erikseen. Tarkastelussa on syytä muistaa, että parvekelasituksen suojaavat rakennetta vain, jos niitä pidetään suljettuna. Vedeneristeenä tulee käyttää nimenomaan vedeneristämiseen kehitettyjä tuotteita, pelkkä maalipinta ei toimi vedeneristeenä. Vedeneristys on liitettävä parvekepieliin elastisella saumaussmassalla niin, että rakenteissa tapahtuvat liikkeet eivät halkaise vedeneristyskerrosta ja aiheuta rakenteeseen ylimääräistä kosteusrasitusta. [12, s. 22.]

Laatan otsa- ja alapinta pinnoitettiin silikonihartsipinnoitteella, joka läpäisee vesihöyryä mahdollistaen rakenteen kuivumisen.

Laatan alapinta tulisi jättää mahdollisuuksien mukaan pinnoittamattomaksi mahdollisimman tehokkaan kuivumisen aikaansaamiseksi. Jos laatan alapinta pinnoitetaan, on pinnoitteen oltava mahdollisimman vettä läpäisevää, esim. kalkkisementti- tai silikaattimaalia. [12, s. 23.]

Parvekepielien pinnoittamisessa on huomioitava rakenteen kastuminen sekä kuivumisen mahdollistaminen. Pielien ulkopinnat sekä etureunat altistuvat yleensä voimakkaalle kosteusrasitukselle. Niissä on suositeltavaa käyttää pinnoitetta, jonka vedenimunopeus on mahdollisimman alhainen, mutta joka toisaalta läpäisee vesihöyryä tehokkaasti. Pielien sisäpinnat voidaan jättää pinnoittamatta tai niissä voidaan käyttää pinnoitetta, jonka vesihöyrynläpäisevyys on mahdollisimman suuri. Pielien vaakasuorissa osissa, esim. reikien tai muiden aukkojen kohdilla, on oltava kallistukset veden poisjohdattamiseksi. Vaakasuurat voidaan myös pellittää. Pellitykset on varustettava tippanokalla. [12, s. 23.]



## 7.2 Kaiteiden uusiminen

Parvekekaiteet uusittiin alkuperäisen mallin mukaisina arkkitehti- ja rakennesuunnitelmat huomioiden. Kaiteet valmistettiin konepajalla, jonka jälkeen ne kuumasinkittiin ja polttomaalattiin.

Parvekerakenteissa käytettävät teräsosat on suojattava korroosiolta. Jos teräkset eivät ole ruostumattomasta teräksestä valmistettuja, on ne suojattava korroosiolta kuumasinkityksellä. Sinkityksen paksuus riippuu sinkittävän teräksen paksuudesta. Teräsprofiilin ainevahvuuden ollessa yli 6 mm tulee sinkityksen olla vähintään 70 µm. Sinkityt sekä ruostumattomasta teräksestä valmistetut osat on syytä pinnoittaa ulkonäkösyistä. Pinnoittaminen pidentää myös rakenteen käyttöikää. Sinkittyjen osien pinnoittaminen on syytä tehdä tehdasmaalauksena. [12, s. 32.]

## 8 Korjaustyöselostus

### 8.1 Tuuletusparvekkeiden purkutyöt

Nykyiset parvekelaatat ja kaiteet puretaan kokonaisuudessaan, suunnitelmissa esitetyssä laajuudessa. Purkutyöt tulee tehdä niin etteivät säilytettävät ratakiskot ja ympäröivät rakenteet vaurioidu.

Ruoste poistetaan ratakiskoista huolellisesti teräsharjauksella. Puhdistusasteena St 2. Puhdistuksen jälkeen ratakiskot suojataan korroosiosuojalaastilla. Ratakiskot käsitellään kaikilta pinnoiltaan niin että korroosiosuojalaasti peittää kiskot tasaisena kerroksena kauttaaltaan.

Taulukko 4. Raudoitteiden puhdistusaste (SFS-EN ISO 8501-1)

#### Käsityökaluilla tai koneellisesti tehty puhdistus, St

St2	Huolellinen käsityökaluilla tai koneellisesti tehty puhdistus	Ei näkyvää öljyä, rasvaa, likaa eikä heikosti kiinni tarttunutta valssihilsettä, ruostetta, maalipinnoitetta tai vieraita aineita.
-----	---	--

St3	Hyvin huolellinen käsityökaluilla tai koneellisesti tehty puhdistus	Kuten St2, mutta pinta on käsiteltävä paljon perusteellisemmin, jotta saadaan esiin metallialustan metallinkiilto.
-----	---	--

## 8.2 Uusien parvekelaattojen valu

### Parvekelaattojen muottityö

Työn suorittamisessa on otettava huomioon:

- Muotit rakennetaan nykyisten parvekkeiden kokoisina käyttäen vaneria tai lautaa
- Muotit rakennetaan niin että ne ovat tukevia ja säilyttävät muotonsa betonoitaessa
- Muotit mitoitetaan valupaineelle ja muottien kiinnitys vanhaan rakenteeseen tulee huomioida
- Valupurseita ei hyväksytä, joten muottien tiiveyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota
- Muotit kastellaan hyvissä ajoin ennen valutöitä, valutyö suoritetaan sääsuojalla

### Raudoitus

Työn suorittamisessa on otettava huomioon:

- Raudoitteena RST- teräs B 600 KX rakennesuunnitelmien mukaan
- Betonipeite min. 35 mm, rataakiskojen osalla min. 50 mm
- Raudoitteet asennetaan muottivälkkeiden varaan
- Alkuperäiset rataakiskot säilytetään

### Betonityö

Työn suorittamisessa on otettava huomioon:

- Käytettävä betonilaatu C35/40, rasitusluokat XC4, XF3, kiviaineksen suurin raekoko 16 mm
- Betonin pudotuskorkeus tulee pitää mahdollisimman pienenä

- Tiivistystyössä käytetään max. 50 mm betonivibraa
- Ennen betonimassan jäykistymistä betonin pinta hierretään puuhiertimillä
- Jälkihoitona kastelu sekä peittäminen muovilla
- Kastelu aloitetaan valutöiden jälkeen valun pinnan kuivuttua, jälkihoidon kesto min. 14 vrk jos lämpötila  $>20\text{ °C}$  / min. 7 vrk jos lämpötila  $+5\dots+20\text{ °C}$
- Valu suojataan suoralta auringonpaisteelta
- Sääsuojan sisälle on järjestettävä riittävä ilmanvaihto
- Lämpötilan on oltava min.  $+5\text{ °C}$  ja maks.  $+25\text{ °C}$  ja suhteellisen kosteuden  $40\dots90\%$  RH.

### **Laadunvarmistus**

Urakoitsija laatii ennen töiden aloittamista seuraavat suunnitelmat:

- teline- ja sääsuojaus
- muotit
- raudoitus
- betonointi

### **Vedeneristys**

Parvekelaattojen yläpintojen vedeneristys tehdään polyuretaanielastomeeripinnoitteella, vedeneristys ulotetaan parvekkeen etureunan yli kääntäen v-uraan.

### **Yleistä**

Parvekelaattojen pintojen ja ylösnostojen pohjustaminen tehdään primerilla. Primeroitu, kuivunut pinta pinnoitetaan polyuretaanielastomeeripinnoitteella. Sateen ja epäpuh-  
tauksien pääsy märälle pinnalle tulee estää, työ suositellaan tekemään sääsuojan alla. Tuotevalmistajan ilmoittamia työ- ja kuivumisaikoja on noudatettava.

### **Esikäsitelyt**

Alustan tulee olla kuiva, tasainen ja luja sekä vetolujuuden tulee olla yli  $1,5\text{ MPa}$ . Alustasta tulee poistettu sementtiliima ja muut tartuntaa heikentävät aineet. Pinta puhdistetaan pölystä imuroimalla ennen pohjustustöiden aloittamista. Mahdolliset betonivauriot

tulee korjata. Tarvittaessa parvekelaatta ylitasoitetaan vedeneristetoimittajan ohjeiden mukaisesti.

Alustan tulee olla riittävän kuiva ennen pohjusteen levittämistä (maks. RH 90 %). Ilman ja alustan lämpötilan tulee olla vähintään +8 °C (ja enintään +30 °C) ja 3 °C yli kastepisteen. Ilman suhteellinen kosteus saa olla enintään 80 %.

## **Pinnoitus**

Pohjustuskäsittely tehdään yhteen kertaan mohair-telalla niin että pinta kyllästyy, tarvittaessa käsittely uusitaan huokosettoman pinnan aikaansaamiseksi. Tällöin toinen kerros levitetään ensimmäisen kerroksen ollessa vielä tahmea. Työssä noudatetaan materiaalitoimittajan ohjeita.

Mikäli pohjustekerros kuivuu liikaa ennen jatkotöihin pääsyä, sirotellaan tuoreeseen pohjustepintaan tartunnan varmistamiseksi kuivaa hiekkaa (0,1-0,6 mm) siten, että pinta peittyy kokonaan. Pohjusteen kuivuttua ylimääräinen hiekka imuroidaan huolellisesti pois.

Valmiiksi pinnoitus tehdään materiaalivalmistajan ohjeen mukaan, jalkalistat ja ylösnostot pinnoitetaan pensseliä käyttäen ja muut osuudet hammaslastalla levittämällä. Pinta tasataan hammaslastalla levittämisen jälkeen piikkitelalla. Polyuretaanielastomeeripinnoite levitetään kahteen kertaan, ensimmäisen kerroksen tulee olla täysin kovettunut ennen toisen kerroksen asentamista. Lopputuloksen tulee olla tasalaatuinen, telan jäljet eivät saa erottua pinnasta. Kuivakalvon paksuus on min. 1,0 mm (noin 1,5 kg/m<sup>2</sup>).

Pinnoite nostetaan jalkalistojen ja ylösnostojen yläreunan tasolle asti sekä liittyville pystypinnoille (kaiteet) noin 20-30 mm.

### **8.3 Parvekelaattojen otsa- ja alapinnat**

Urakkaan kuuluu parvekelaattojen alapintojen ja otsapintojen pinnoittaminen. Parvekelaattojen pinnoitustyöt suoritetaan Weber Vetonit tuotteilla seuraavasti:

## **Alusta**

Alustan tulee olla puhdas, kuiva, kiinteä ja tartunnaltaan hyvä. Pohjalaastin tulee olla kovettunut ja kuivunut vähintään 1 vrk. Maalattavat pinnat on puhdistettava huolellisesti. Vaurioitunut tai epätasainen betonipinta paikataan ja tasoitetaan ennen maalausta esim. webervetonit 410 Ohutrappauslaastilla tai Weberin korjauslaasteilla.

## **Pohjustus:**

Astian sisältö sekoitetaan huolellisesti ennen käyttöä. Maalia voidaan tarvittaessa ohentaa enintään 10 % vedellä ensimmäisessä maalikerroksessa ja enintään 5 % toisessa kerroksessa. Maalaus suoritetaan tavallisesti kahtena kerroksena. webervetonit SilcoPinnoitteen pohjustukseen riittää yleensä yksi käsittely. Maali levitetään siveltimellä, harjalla, telalla tai maaliruiskulla ohuina peittävinä kerroksina. Kuivumisaika maalauskerrosten välillä on n. 12 tuntia normaaliolosuhteissa (+20 °C).

Työvälineet ja maaliroskeet puhdistetaan välittömästi vedellä.

## **Pinnoitus:**

Kun pohjustus on kuivunut vähintään 12 tuntia, voidaan lopullinen pinnoitus tehdä webervetonit Silco silikonihartsipinnoitteella, raekoko 1,0 mm. Pinnoite levitetään teräslastalla ja hierretään muovihierkimellä. Pinnoitteen värisävy ja pintastruktuuri, ks. arkkitehtisuunnitelmat.

Ilman ja alustan lämpötila +5...30 °C ja 3 °C yli kastepisteen.

Pinnoitteen tartuntavetolujuuden tulee olla vähintään 1,0 MPa/28 vrk

## **8.4 Uudet parvekekaiteet**

Uudet parvekekaiteet tehdään arkkitehti- ja rakennesuunnitelmien mukaisesti. Urakoitsija vastaa tarvittavasta konepajasuunnittelusta ja toimittaa konepajasuunnitelmat hyväksyttäväksi tilaajalle ennen valmistuksen aloittamista.

Kaiteet tulee olla kuumasinkittyjä ja maalattuja arkkitehtisuunnitelman mukaisesti.

## 8.5 Ulkoseinien paikkarappaukset ja maalaukset

Ulkoseinien paikkarappaukset tehdään olemassa olevan rakenteen mukaisesti kolmi-kerrosrappauksena.

### **Alustan esikäsittely**

Alustaan jätetään tarpeelliset profiilimallit ja korkomallit. Vanha laasti poistetaan alustaavahingoittamatta. Sen jälkeen pinta painepestään puhtaaksi pölystä. Rappauustyötä häiritsevät pellitykset ja pintakiinnitykset poistetaan. Vesiohjaukset järjestetään tilapäisesti esim. muovisukkien avulla. Alustan sisään jäävät teräkset puhdistetaan ja ruoste-suojataan. Alustan vaurioituneet tai heikot tiilet korvataan vastaavanlaisilla uusilla tiilillä. Alustan halkeamat kiilataan ja juotetaan umpeen kalkkisementtillaastilla.

### **Tartuntarappaus**

Tartuntarappaukseen käytetään sementtirikkaita kalkkisementtillaasteja, esim. weber.vetonit 401- tai 402 KS Tartuntalaastia. Alusta kastellaan huolellisesti edellisenä päivänä ja vesisumutetaan uudelleen ennen rappaustyön aloittamista. Tartuntalaasti sekoitetaan tuotteen ohjeiden mukaisesti. Laasti lyödään alustaan käsin tai ruiskutetaan koneellisesti 2-3 mm vahvuisena, 70 -100 % peittävänä kerroksena. Tartuntarappauksen pinta ei saa liettyä. Tartuntarappaus pidetään kosteana 2-3 vuorokautta, mikäli täyttörappaus ei tehdä seuraavana päivänä.

### **Verkotus**

Rappausverkkona käytetään kuumasinkittyä verkkoa, esim. weber Teräsverkko. Rappausverkko kiinnitetään alustaan ennen tartuntarappausta esim. weber RVK-kiinnikkeiden ja LYT-lyöntitulppien avulla siten, että verkko on 5–10 mm irti alustastaan. Kiinnikkeiden määrä noin 5-7 kpl/m<sup>2</sup>.

## **Täyttörappaus**

Täyttörappaus tehdään aikaisintaan vuorokauden kuluttua tartuntarappauksesta. Kuitahtanut laastipinta kostutetaan sopivan imukyvyn varmistamiseksi. Syvähköt ( yli 15 mm) kolot ja suurempaa kasvatusta vaativat alueet täytetään 1 - 2 vuorokautta aikaisemmin mahdollisten rappausjohteiden tekovaiheessa. Täyttörappauksen kerrospaksuuden tulee olla noin 10 - 15 mm. Yli 15 mm paksut oikaisut tehdään useana kerroksena. Täyttörappauksen pinta tasataan oikolaudalla. Jälkihoito tehdään pitämällä rappauspinta kosteana 2-3 vuorokauden ajan olosuhteista riippuen.

## **Pintarappaus ja maalaus**

Pintarappauksen paksuus on noin 3–5 mm. Pintarappaus tehdään esim. harmaalla weber.vetonit 423 Pintalaastilla, joka hierretään tasaiseksi nykyistä seinäpintaa vastavaksi ja maalataan kalkkimaalilla

## **9 Esimerkkikohteen korjaustöiden työvaiheet**

### **9.1 Suojaus ja purkutyöt**

Ennen purkutöiden aloittamista parvekelinjojen ympärille rakennettiin telineet ja sääsuoja. Sääsuojan avulla purkujäte ja pöly saatiin pidettyä hallitusti työmaa-alueella eikä se päässyt leviämään sisäpihoille. Näin myöskään sääolosuhteet eivät aiheuta ongelmia tai viivästyksiä, kun kaikki työt suoritetaan sääsuojan sisällä. Telineerungot toimivat lisäksi muottien tukirakenteena. Parvekelaatan alapinnan muotit tehtiin valmiiksi nykyisten parvekelaattojen kokoisina ennen laattojen purkamista. Muotit toimivat samalla työtasoina purku- ja jälleenrakennustöissä, purkutöissä muotti estää myös purkujätteen putoamisen alas.



Kuva 31. Sääsuoja asennettuna.





Kuva 32. Vanhat parvekelaatat on purettu pois. Ennen purkutöitä muotin pohja rakennettiin valmiiksi vanhan parvekelaatan kokoisena, muotin pohja toimii samalla purkutöiden alustana estäen purkujätteen putoamisen alas.



Kuva 33. Ratakiskot puhdistetaan ja suojataan korroosionestolaastilla.



Kuva 34. Ratakiskot puhdistetaan ja suojataan korroosionestolaastilla.

## 9.2 Raudoitustyöt

Purkutöiden jälkeen ratakiskokannattimet puhdistettiin ja käsiteltiin korroosionestolaastilla. Uudet raudotteet asennettiin rakennesuunnitelmien mukaisesti käyttäen ruostumattomia harjateräksiä.



Kuva 35. Ratakiskot on suojattu korroosionestolaastilla, suunnitelmien mukaisten raudoitteiden asennustyöt ovat käynnissä.



Kuva 36. Ratakiskot on suojattu korroosionestolaastilla, suunnitelmien mukaisten raudoitteiden asennustyöt ovat käynnissä.

### 9.3 Jälleenrakennustyöt

Raudoitteiden asentamisen jälkeen parvekelaatat betonoitiin ja valua jälkihoidettiin 14 vrk ajan. Jälkihoidon jälkeen muotit purettiin ja betoniliima hiottiin pois laatan otsa- ja tasopinnoilta. Parvekelaatan ja seinän liittymään tehtiin ns. ”jalkalista” polymeerimodifioidulla laastilla. Tämän jälkeen suoritettiin tarvittavat paikkarappaukset kolmikerrosrappauksena. Seinäpinnat maalattiin kalkkimaalilla parvekelinjosten osalta. Parvekelaattojen otsa- ja alapinnat pinnoitettiin silikonihartsipinnoitteella ja yläpinnat vedeneristettiin polyuretaanielastomeeripinnoitteella.



Kuva 37. Parvekelaatat on valettu ja muotit poistettu.



Kuva 38. Parvekelaatat on valettu ja muotit poistettu. Laatan alapinnassa kiertää ns. vesiura etureunoja myöden, näin yläpuolelta valuva vesi ei pääse kastelemaan alapintaa esim. tuulen vaikutuksesta.



Kuva 39. Parvekelaatat on valettu ja muotit poistettu. Liittyvien seinäpintojen paikkaus- ja paikkarappaus-työt on tehty. Parvekelaatan ja seinän liittymään tehtiin ns. jalkalista alkuperäisen toteutuksen mukaisesti.



Kuva 40. Parvekelaatat on valettu ja muotit poistettu. Liittyvien seinäpintojen paikka- ja maalaustyöt on tehty.



Kuva 41. Parvekkeet valmiina.



Kuva 42. Parvekkeet valmiina. Vedeneristeenä toimiva pinnoite on nostettu siististi seinälle, seinän rappauksen ja ”jalkalistan” rajalle tehtiin ns. v-ura jotta rajakohdasta saatiin siisti.

## 10 Yhteenveto

Opinnäytetyössä tutkittiin 1910-luvulla valmistuneen kerrostalon tuuletusparvekkeiden rakenteiden kuntoa kuntotutkimuksin, valittiin kohteeseen soveltuvat korjaustavat sekä laadittiin tarvittavat korjaussuunnitelmat rakenteiden korjaamiseksi. Kohde on osittain suojeltu joka toi omat haasteensa korjausten suunnitteluun. Hanke oli todella mielenkiintoinen ja antoisa.

Yleisesti ottaen julkisivu- ja parvekerakenteet ovat täysin säiden armoilla korkean lämpötila- ja kosteusrasituksen alaisina, joiden kuntoon ja kunnon seurantaan tulisi kiinteistön omistajien varautua ajoissa. Näin toimien julkisivu- ja parvekerakenteiden elinkaarta voitaisiin monessakin tapauksessa jatkaa ennalta ehkäisevillä toimenpiteillä (esim. pinnoitevaurioiden korjaukset heti kun vaurio havaitaan).

Työstä jäi yrityksen käyttöön selkeä ns. ”runko” vastaavatyypisten parvekerakenteiden tutkimisesta ja yleiset periaatteet eri vaurioitumismekanismeista sekä niiden korjaamisesta.

## Lähteet

- 1 Neuvonen P., Mäkiö E., Malinen M. 2002. Kerrostalot 1880-1940. Julkaisija: Rakennustietosäätiö RTS
- 2 BY 41 Betonirakenteiden korjausohjeet 2016. Julkaisija: Suomen betoniyhdistys ry
- 3 BY 201 Betonitekniikan oppikirja 2004. Julkaisija: Suomen betoniyhdistys ry
- 4 Korjaus RYL Esiselvitykset ja purkaminen. 2016. Julkaisija: Rakennustietosäätiö RTS sr
- 5 Korjaus RYL Julkisivut. 2017. Julkaisija: Rakennustietosäätiö RTS sr
- 6 Tilaajan ohje 2014 Betonijulkisivujen ja parvekkeiden kuntotutkimus. Julkaisija: Suomen betoniyhdistys ry
- 7 BY 42 Betonijulkisivujen kuntotutkimus 2002. Julkaisija: Suomen betoniyhdistys ry
- 8 Haukijärvi Matti. Julkisivuyhdistys ry. JUKO - ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Korjaussuunnittelu. Suunnittelun valmistelu. Päivitetty 9/2005. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikka.
- 9 Haukijärvi Matti. Julkisivuyhdistys ry. JUKO - ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Hankesuunnittelu. Korjaustarpeen selvittäminen ja kuntotutkimukset. Päivitetty 9/2005. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikka.
- 10 Haukijärvi Matti. Julkisivuyhdistys ry. JUKO - ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Hankesuunnittelu. Korjaustavan valinta. Päivitetty 9/2005. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikka.
- 11 Haukijärvi Matti. Julkisivuyhdistys ry. JUKO - ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Korjaustapakuvaukset. Betoniparvekkeet-yleiskuvaukset. Päivitetty 9/2005. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikka.
- 12 Haukijärvi Matti. Julkisivuyhdistys ry. JUKO - ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi. Korjaustapakuvaukset. Parvekkeet. Uusiminen kokonaan tai osittain-suunnitteluohjeet. Päivitetty 9/2005. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto, Talonrakennustekniikka.



13 Rakentajain kalenteri 1930. Toimittanut Aug. Tolonen. Rakentajain kustannus Oy. Helsinki

14 BY 41 Betonirakenteiden käyttöäsuunnittelu 2007. Julkaisija: Suomen betoni-yhdistys ry



## PAH

1/1

PAH-ANALYYSI																				
Tilaaaja:		TK Insinööritoimisto																		
Kohde:														Tilauspäivä:						
Projektinnumero:														Toimituspäivä:						
Menetelmät:																				
Analyysi suoritettiin tilaajan toimittamasta näytteestä GC-MSD-menetelmällä. Analyysissä sovelletaan menetelmää ISO 18287. Menetelmän mittaepävarmuus on 24 % ja määrittysraja on 2,0 mg/kg. Tulokset koskevat vain tutkittua näytettä..																				
TULOKSET: Näytteenottaja: Timo Karpov [mg/kg]																				
Näyte	Materiaali / tila tai rakennusosa	Naftaleeni	Asenaftaleeni	Asenaftteeni	Fluoreeni	Fenantreeni	Antraseeni	Fluoranteeni	Pyreeni	Bentso(a)antraseeni	Kryseeni	Bentso(b)fluoranteeni	Bentso(k)fluoranteeni	Bentso(a)pyreeni	Indeno(1,2,3-cd)pyreeni	Dibentso(a,h)antraseeni	Bentso(ghi)peryleeni	PAH-yht.*		
5	Vedeneriste pintalaatan ja kantavan laatan välistä	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 2	< 30		

\* Vaarallisen jätteen raja-arvon 200 mg/kg (kokonaispitoisuus, 16-yhdistettä) ylittävät tulokset on lihavoitu.

Näytettä 5 vastaavat materiaalit voidaan PAH-pitoisuuden osalta käsitellä normaalisti.

## VETO

1/1

<b>VETOLUJUUS</b>				
<b>Tilaja:</b>	TK Insinööritoimisto			
<b>Kohde:</b>		<b>Tilauspäivä:</b>		
<b>Projektinnumero:</b>		<b>Toimituspäivä:</b>		
<b>Menetelmät:</b>				
Koe suoritettiin tilaajan toimittamista näytteistä laboratoriossa standardin SFS 5445 mukaan. Kokeessa käytetty vetolaite on Proceq DY-225. Vetolaitteen mittausepävarmuus on $\pm 0,33-1,77\%$ . Laite on kalibroitu 04/2015. Vetokoe betonista suoritetaan uudelleen, jos tulos alittaa 1,5 MN/m <sup>2</sup> . Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.				
<b>TULOKSET: Näytteenottaja: Timo Karpov</b>				
<b>Näyte</b>	<b>Materiaali / tila tai rakennusosa</b>	<b>Tulos MN/m<sup>2</sup></b>	<b>Murtokohta</b>	<b>Poikkeama</b>
2	Parvekelaatta, porattu läpi	1,6	76-83 mm alapinnasta, pääasiassa myötäilee	-
4	Parvekelaatta, porattu läpi	1,3	2-11 mm alapinnasta, pääasiassa myötäilee	-
4	Parvekelaatta, porattu läpi, uusinta	0,9	1-6 mm alapinnasta, pääasiassa myötäilee	-
7	Pintalaatta	0,5	3-8 mm yläpinnasta, pääasiassa myötäilee	-
7	Pintalaatta, uusinta	0,6	2-11 mm yläpinnasta, pääasiassa myötäilee	-

<b>OHUTHIEANALYYSI</b>		
<b>Tilaja:</b> TK Insinööri-toimisto, Timo Karpov	<b>Tilaus-/ toimituspäivä:</b>	<b>Kohde/ projektinnumero:</b>
<b>Näytetunnukset:</b> 1, 3, 6	<b>Näytteiden materiaali, muoto ja koko:</b> Betoni, poralieriö Ø 55 mm	<b>Näytepreparaatti:</b> Ohuthie 48 mm x 25 mm (paksuus 0,020-0,025 mm)
<b>Menetelmä:</b> Tilajan toimittamat näytteet tutkittiin Nikon SMZ-745T stereomikroskoopilla ja Nikon E200 POL, CiPOL tai Motic BA310pol polarisaatiomikroskoopilla. Analyysissä sovellettiin standardia ASTM C 856-11. Näytteenotosta vastaa tilaaja. Ohuthie on valmistettu tilaajan osoittamasta näytepinnasta pintaa vastaan kohtisuoraan. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.		

<b>TULOSTEN ARVIOINTI / YHTEENVETO:</b>					
Taulukossa on arvioitu näytteiden kuntoa asteikolla: HYVÄ, TYYDYTTÄVÄ, VÄLTTÄVÄ ja HEIKKO. Karbonatisoituminen on mitattu ohuthieestä ja/tai fenoliftaleiiniliuoksella lieriön halkaistulta pinnalta. Rapautuneisuutta on kuvattu asteikolla 0-4: 0 - ei rapautumaa, 1 - vähäistä, 2 - orastavaa, 3 - kohtalaista, 4 - voimakasta.					
<b>Näyte:</b>	<b>Rakenneosa/ pinta:</b>	<b>Kunto:</b>	<b>Karbonatisoituminen min-max/ka. [mm]:</b>	<b>Huokostus/ huokostäytteen:</b>	<b>Rapautuneisuus:</b>
1	laatta/ alapinta	välttävä	yläpinta 3-6/4 alapinta 80-86/83	ei/vähän karbonaattia	0
3	laatta/ alapinta	välttävä	yläpinta 3-5/4 alapinta 93-112/100	ei/ei	0
6	laatta/ yläpinta	heikko	yläpinta 3-6/5 alapinta -	ei/runsaasti ettringiitti, kalsiumhydroksidi	4

**YHTEENVETO**

- betonit ovat laadultaan enintään välttäviä, tiivistys on puutteellinen
- sideaineen laatu on välttävä, veden määrä on ollut suuri, betonin 1 ja 3 kunto/laatu on välttävä
- karbonatisoituminen on edennyt erittäin syväälle betoniin, betonin teräksille antama kemiallinen suoja on hävinnyt
- kiviaineen tartunnat ovat välttävät (betonit 1 ja 3) tai heikot (betoni 6), niitä heikentää betonin huono laatu ja pakkasrapautuminen/kosteusrasitus
- kiviaineen laatu on hyvä
- betonit eivät ole huokostettuja eivätkä ne huokosrakenteen perusteella ole pakkasenkestäviä kosteusrasituksessa, pintalaatassa 6 on voimakasta pakkasrapautumaa, kunto on heikko
- laattojen 1 tai 3 alapinnassa ei ole merkittävää pakkasrapautumaa
- huokosissa/mikrosäröissä (betoni 6) havaittiin voimakkaan kosteusrasituksen aiheuttamia kiteytymiä
- alapinnan pinnoitteiden kunto ja tartunta alustaan on tyydyttävä, yläpinnan pinnoitteen ja alapintojen tasoitteiden kunto on huono

**TULOKSET:**

<b>Näyte: 1</b>		
<b>Rakenneosa:</b> Parvekelaatta	<b>Lieriönäytteen pituus:</b> 138 mm	<b>Ohuthiepinta:</b> Alapinta
<p><b>Yleistiedot:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- näytelieriö ulottuu läpi rakenteen</li> <li>- yläpinnassa bitumijäänteitä, alapinnassa nelinkertainen, 1,5 mm paksu epäorgaaninen pinnoite ja 4 mm kalkkisementtitasoite (kiinni alustassa)</li> <li>- karbonatisoituminen edennyt kantavan laatan yläpinnasta 3-6 mm, keskimäärin 4 mm ja alapinnasta 80-86 mm, keskimäärin 83 mm</li> </ul> <p><b>Laatu ja mikrorakenne:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- betonin rakenne on tasalaatuinen</li> <li>- tiivistyminen on harva, tiivistyshuokosia (<math>\emptyset &lt; 3,8</math> mm) on runsaasti</li> <li>- kiviaineen kontaktit ovat osin auki</li> <li>- kiviaine on osin pyöristynyttä (pääkivilajit: granitoidit, amfiboligneissit), suurin havaittu raekoko 12 mm, kiviaine on ehjää ja rapautumatonta</li> <li>- sideaineen (portlandsementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on osin epätasainen, sideaine on lähes kauttaaltaan uudelleen kiteytynyt</li> <li>- suojahuokosia (<math>\emptyset 0,02-0,8</math> mm) havaittiin jonkin verran</li> <li>- huokosiin on kiteytynyt jonkin verran karbonaattia</li> </ul> <p><b>Rapautuneisuus/ säröily:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- alapinnassa ei havaittu merkittävää mikrosäröilyä/-halkeilua</li> </ul>		

Näyte: 3		
Rakenneosia: Parvekelaatta	Lieriönäytteen pituus: 145 mm	Ohuthiepinta: Alapinta
<b>Yleistiedot:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- näytelieriö ulottuu läpi rakenteen</li><li>- yläpinnassa bitumijäänteitä, alapinnassa kolminkertainen, 1,0 mm paksu epäorgaaninen pinnoite ja 4 mm kalkkisementtitasoite (kiinni alustassa)</li><li>- karbonatisoituminen edennyt kantavan laatan yläpinnasta 3-5 mm, keskimäärin 4 mm ja alapinnasta 93-112 mm, keskimäärin 100 mm</li></ul>		
<b>Laatu ja mikrorakenne:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- betonin rakenne on suhteellisen tasalaatuinen</li><li>- tiivistyminen on harva, tiivistyshuokosia (<math>\varnothing &lt; 4,1</math> mm) on runsaasti</li><li>- kiviaineen kontaktit ovat osin auki</li><li>- kiviaine on osin pyöristynyttä (pääkivilajit: granitoidit, amfiboligneissit), suurin havaittu raekoko 12 mm, kiviaine on ehjää ja rapautumatonta</li><li>- sideaineen (portlandsementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on osin epätasainen, sideaine on lähes kauttaaltaan uudelleen kiteytyneet</li><li>- suojuhuokosia (<math>\varnothing 0,02-0,8</math> mm) havaittiin jonkin verran - huokosissa ei ole kiteytyviä</li></ul>		
<b>Rapautuneisuus/ säröily:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- alapinnassa ei havaittu merkittävää mikrosäröilyä/-halkeilua</li></ul>		

Näyte: 6		
Rakenneosa: Parvekelaatta (pintalaatta)	Lieriönäytteen pituus: 32 mm	Ohuthiepinta: Yläpinta
<b>Yleistiedot:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- näytelieriö ei ulotu läpi rakenteen</li><li>- yläpinnassa hauras/halkeillut 1,2 mm paksu osin epäorgaaninen pinnoite (kiinni alustassa)</li><li>- karbonatisoituminen edennyt pintalaatan yläpinnasta 3-6 mm, keskimäärin 5 mm</li></ul>		
<b>Laatu ja mikrorakenne:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- betonin rakenne on tasalaatuinen</li><li>- tiivistyminen on tiivis, tiivistyshuokosia (<math>\varnothing &lt; 2,8</math> mm) on vähän</li><li>- kiviaineen kontaktit ovat usein auki</li><li>- kiviaine on osin pyöristynyttä (pääkivilajit: granitoidit, amfiboligneissit), suurin havaittu raekoko 6 mm, kiviaine on rikkoutunutta</li><li>- sideaineen (portlandsementti) mikrorakenne/ -tekstuuri on tasainen</li><li>- suojahuokosia (<math>\varnothing 0,02-0,8</math> mm) havaittiin jonkin verran</li><li>- huokosiin on kiteytynyt runsaasti ettringiittiä</li></ul>		
<b>Rapautuneisuus/ säröily:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- pintalaatassa havaittiin runsaasti pinnansuuntaisia mikrosäröjä, jotka leikkaavat kiviainetta (leveys alle 0,04 mm, umpeutuneet ettringiitillä ja kalsiumhydroksidilla)</li></ul>		



## KLORIDI

1/1

<b>KLORIDIPITOISUUDEN MÄÄRITYS</b>			
<b>Tilaaaja:</b>	TK Insinööritoimisto		
<b>Kohde:</b>		<b>Tilauspäivä:</b>	
<b>Projektinnumero:</b>		<b>Toimituspäivä:</b>	
<b>Menetelmät:</b>			
Koe suoritettiin titraamalla tilaajan toimittamista näytteistä standardin SFS-EN 14629 mukaan (Volhardin menetelmä). Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.			
<b>TULOKSET:</b> <b>Näytteenottaja:</b> Timo Karpov			
<b>Näyte</b>	<b>Materiaali / tila tai rakennusosa</b>	<b>Kuivapaino [g]</b>	<b>Cl -pitoisuus [p-%]</b>
1	Parvekelaatta, porattu läpi	5,18	< 0,01

<b>KARBONATISOITUMISSYVYYDEN MÄÄRITYS</b>			
<b>Tilaaaja:</b>	TK Insinööritoimisto		
<b>Kohde:</b>		<b>Tilauspäivä:</b>	
<b>Projektinnumero:</b>		<b>Toimituspäivä:</b>	
<b>Menetelmät:</b>			
Määrittäminen suoritettiin tilaajan toimittamista näytteistä standardin SS 137242:1988 mukaisesti betonilieriön halkaistulta pinnalta. Tulokset koskevat vain tutkittuja näytteitä.			
<b>TULOKSET: Näytteenottaja: Timo Karpov</b>			
<b>Näyte</b>	<b>Materiaali/ tila tai rakennusosa</b>	<b>Ulko-/yläpinta</b> minimi- maksimi/ keskiarvo (mm)	<b>Ala-/sisäpinta</b> minimi- maksimi/ keskiarvo (mm)
2	Parvekelaatta, porattu läpi	alle 1	55-70/64
3	Parvekelaatta, porattu läpi	1-3/2	78-98/90