



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU  
SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Alexandr Garbali

---

## **Parvekkeiden kuntotutkimus**

Opinnäytetyö  
Kevät 2021  
SeAMK Tekniikka  
Rakennustekniikka



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: SeAMK Tekniikka

Tutkinto-ohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Alexandr Garbali

Työn nimi: Parvekkeiden kuntotutkimus

Ohjaaja: Jorma Tuomisto

Vuosi: 2021

Sivumäärä:

Liitteiden lukumäärä: 1

---

Tämän opinnäytetyön aiheena oli betonirakenteisen kerrostalon parvekkeiden kuntotutkimus. Tutkimus tehtiin Kohteessa X. Kohde on kolmekerroksinen kerrostalo, jossa on 12 parvekettä. Työn tavoitteena oli selvittää parvekerakenteiden nykykunto, mahdolliset vauriot ja niiden laajuus, sekä kartoittaa mahdollinen korjaustarve.

Opinnäytetyön teoriaosuudessa tarkasteltiin parvekerakenteille tyypillisiä vaurioita.

Kuntotutkimus suoritettiin erilaisilla kenttä- ja laboratoriotutkimuksilla. Kenttätutkimusmenetelmiä olivat betonin peitekerrospaksuuksien mittaaminen, betonin lujuuden selvittäminen, sekä koelieriöiden poraaminen laboratoriotutkimuksia varten timanttiporalla. Laboratoriossa koepaloille tehtiin karbonatisaatiokoe sekä puristus- ja vetokokeita.

Opinnäytetyön tuloksena selvitettiin rakenteiden vauriot, kuten raudoitteiden korroosio, pitkälle edennyt rapautuma, riittämätön betonin suojapeitekerros, sekä karbonatisoitumisen syvyys ja kosteustekniset puutteet.

Liitteenä on kuntotutkimusraportti, joka sisältää tarkat tiedot tutkittavasta kohteesta ja sen vaurioista, kuvaus suoritetusta työstä, laskelmat ja laskelmien tulokset. Tutkimusraportti antaa valmiudet ja lähtötiedot korjaussuunnitelman laadintaa varten.

<sup>1</sup> Asiasanat: parvekkeet, kuntotutkimus, vaurioituminen, betonirakenteet

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Alexandr Garbali

Title of thesis: Condition survey of balconies

Supervisor: Jorma Tuomisto

Year: 2021

Number of pages:

Number of appendices: 1

---

The topic of the thesis was the condition survey of balconies. The condition survey was done for the housing association X. The target was a three-story block of flats which had 12 balconies. The object of the study was to estimate the condition of the balcony structures and their current condition, possible damages and their extent and any possible need for repair.

The theoretical part of the thesis examined the damage of typical balcony structures.

The condition survey was performed with various research methods on site and in the laboratory. The field research included measuring the thickness of concrete cover layers, determining the strength of the concrete and drilling samples for laboratory tests. In the laboratory the tests included a carbonation test as well as compression and tensile tests.

For the thesis, structural damages such as corrosion of reinforcing steel, insufficient protective cover layer of concrete, depth of carbonation and moisture technical deficiencies were investigated.

As result of the study was a report about the condition survey, which contains detailed information about the object under study. The report provides information for the repair plan.

<sup>1</sup> Keywords: balconies, condition survey, damage, concrete structures

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä .....	1
Thesis abstract .....	2
SISÄLTÖ .....	3
Kuvaluettelo.....	4
1 JOHDANTO .....	6
2 PARVEKKEIDEN YLEISIMMÄT VAURIOT .....	7
2.1 Kosteusrasitus.....	7
2.2 Raudoitteiden korroosio .....	7
2.3 Betonin karbonatisaatio.....	8
2.4 Betonin rapautuminen .....	9
3 KOHDE JA TOIMEKSIANTO.....	11
4 KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT .....	12
4.1 Visuaalinen tarkastelu .....	12
4.2 Peitekerrosmittaus.....	13
4.3 Karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen .....	13
4.4 Puristuskoe .....	14
4.5 Vetokoe .....	15
5 TUTKIMUSTULOKSET .....	16
5.1 Silmämääräinen tutkimus.....	16
5.2 Peitekerrosmittaus.....	19
5.3 Karbonatisoitumissyvyys .....	19
5.4 Puristuslujuus.....	20
5.5 Vetolujuus .....	24
6 TULOSTEN ANALYSOINTI JA SUOSITUKSET.....	25
LÄHTEET .....	27
LIITTEET .....	28

## Kuvaluettelo

Kuva 1. Korroosion aiheuttamia vauriotyyppejä teräsbetonirakenteessa.....	8
Kuva 2. Karbonatisoitumisrintaman eteneminen ajan funktiona neliöjuurimallin mukaan..	9
Kuva 3. Kohteen julkisivu.....	11
Kuva 4. Fenoliftaeiiniliuoksella kriittisiltä alueilta näytteen päistä sivelty koekappale. ....	14
Kuva 5. Vetokokeen periaate. (By 42. Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013).....	15
Kuva 6. Laatan alapuoliset vauriot. ....	16
Kuva 7. Pakkasrapautumaa.....	17
Kuva 8. Pintavalussa oleva halkeama. ....	17
Kuva 9. Korroosio on muuttanut lähes koko teräksen ruosteeksi. ....	18
Kuva 10. Pintavalu on irrallaan kantavasta laatasta. ....	18
Kuva 11. Peitekerrosmittauksesta saadut tulokset taulukoituna. ....	19
Kuva 12. Karbonatisaatiokoe tehty. Koepaloissa on merkintä, josta nähdään mistä laatasta koepala on porattu. Koepalasta huomattavissa irrallinen pintavalu. ....	20
Kuva 13. Karbonatisaatiokokeen tulokset.....	20
Kuva 14. Kimmovasaratestauksen tulokset. ....	21
Kuva 15. Tulokset kantavasta laatasta. ....	22
Kuva 16. Tulokset pintavalusta. ....	23
Kuva 17. Puristuskokeen tulokset.....	24
Kuva 18. Vetokokeen tulokset ovat hälyttäviä.....	24
Kuva 19. Koepalassa ilmakuplia. ....	26

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Karbonatisoituminen</b>	Betonin neutralisointireaktio, jossa betonin pH-arvo laskee.
<b>Korroosio</b>	Ympäristöstä johtuva teräksen muuttuminen käyttökelvottomaan muotoon (ruoste).
<b>Kuntotutkimus</b>	Rakennusosan tai -kokonaisuuden kuntotilanteen sekä korjaustarpeen selvittäminen erilaisilla tutkimusmenetelmillä.
<b>Pakkasenkestävyys</b>	Kastuneen betonin luonnollinen kyky vastustaa toistuvaa pakkasrasitusta.
<b>Pinnoite</b>	Nestemäinen betonin pintaan siveltävä aine, joka kuivussa muodostaa betonissa kiinni olevan sitä suojaavan kalvon.
<b>Puristuslujuus</b>	Kappaleen maksimaalinen kyky vastustaa voimaa, joka pyrkii puristamaan kappaletta kokoon antamatta periksi.
<b>Päällyste</b>	Betonin pintaan tuleva suojaava kiinteän materiaalin kerros, kuten muovimatto, parketti, laminaatti tai klinkkeri.
<b>Rapautuminen</b>	Betonin huokosissa olevan veden toistuvasta laajenemisesta (esim. jäätyminen tai äkillinen lämpölaajeneminen) johtuva vaurio.
<b>Vetolujuus</b>	Kappaleen maksimaalinen kyky vastustaa voimaa, joka vetää kappaletta vastakkaisiin suuntiin.

# 1 JOHDANTO

Rakennusten vauriot voivat olla monenlaisia: isoja tai pieniä, näkyviä tai näkymättömiä, harmittomia tai hengenvaarallisia. Yhteistä näillä kaikilla on se, että ne täytyy korjata rakennuksen elinkaaren pidentämisen ja turvallisuuden vuoksi. Rakenteiden kuntotutkimuksilla selvitetään olemassa olevat vauriot ja niiden korjaustarpeet (Herranen 2013). Ajoissa tehty kuntotutkimus voi pelastaa rakenteen tai rakennuksen kokonaisuudessaan tunnistamalla riskit ja antamalla korjaustyöhön tarvittavat lähtötiedot.

Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää kuntotutkimuksen avulla betonirakenteisten parvekkeiden nykytilannetta ja korjaustarvetta. Tutkittava rakennus sijaitsee Seinäjoella osoitteessa Tapiolantie 9. Rakennus on iältään 50 vuotta ja se on tyypillinen 1970-luvun alussa rakennettu asuinkerrostalo.

Kuntotutkimuksen tavoitteena on saada selville tutkimushetkellä olemassa olevien vaurioiden aiheuttajat, vaurioiden levinneisyys ja vaikutukset rakenteeseen sekä myös tulevaisuuden vauriot ennen kuin varsinaisia näkyviä vaurioita on edes olemassa. Tällaisessa tapauksessa oikein ajoitetuilla huoltotoimenpiteillä voidaan usein estää tai hidastaa vaurioiden laajenemista ja etenemistä.

## 2 PARVEKKEIDEN YLEISIMMÄT VAURIOT

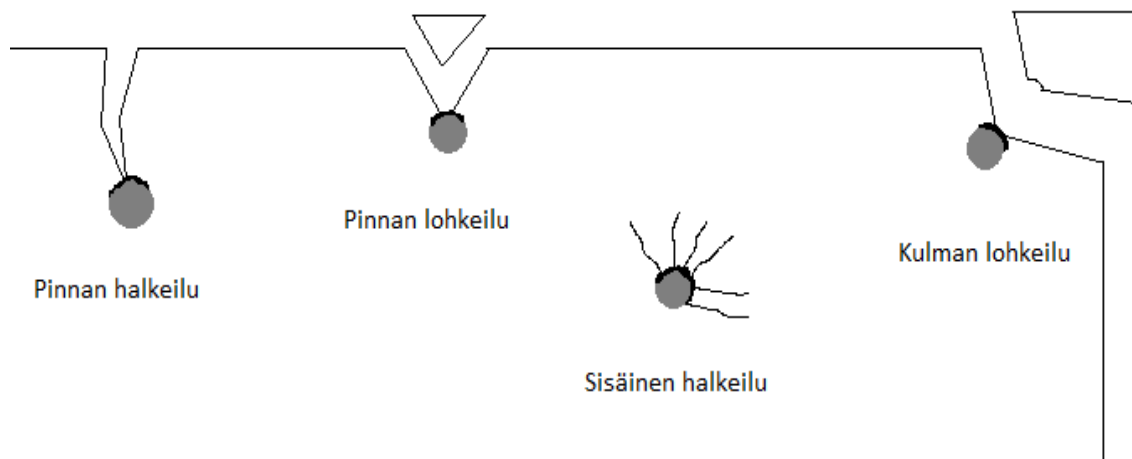
### 2.1 Kosteusrasitus

Kosteus kaikissa muodoissaan on rakenteiden pahin rasitustekijä, ja se on osallisena useimmissa merkittävässä vaurioissa. Tärkeimmät huomioon otettavat kosteuden lähteet ovat sade, ilman kosteus sekä ilmasta rakenteidenpinnoille tiivistyvä kondenssivesi. Avointen parvekkeiden betonilaatat ovat alttiina suoralle sateelle sekä lumelle, ja ne ovat pitkiä aikoja kerrallaan märkinä. Viistosade rasittaa enemmän kaiteita ja pielirakenteita. Betoni on huokoinen materiaali ja imee vettä. Jäätyessään vesi laajenee ja rasittaa betonia, joten laatan suojaaminen suojapinnotteella tai päällysteellä kosteudelta ja sen muodonmuutoksilta on laatan käyttöiän ja kunnan puolesta tärkeää ottaa huomioon rakenteen kaikissa elinkaaren vaiheissa. Näiden lisäksi kosteusrasitusta lisäävät laatan vedenpoiston ja pellitysten puutteellinen asennus, huolto tai niiden puuttuminen kokonaan. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, s 18).

### 2.2 Raudoitteiden korroosio

Betonin sopiva kosteuspitoisuus, sekä riittävä hapen kulkeutuminen betonipeitteen läpi raudoitusten läheisyyteen ovat raudoituksen korroosion edellytyksenä (By 201: Betonitekniikan oppikirja 2004, s 100). Betonissa oleva rauditus on normaalioloissa hyvin korroosiolta suojassa. Betoni sisältää sen kaikissa vaiheissa kosteutta, joten betonin tiiviys ja betonipeitteen riittävä paksuus pienentävät hapen kulkeutumisenopeutta betonissa ja näin ollen myös korroosion etenemistä. Betonin korkeasta alkalipitoisuudesta johtuen teräksen pinnalle muodostuu ohut oksidikalvo, joka estää sähkökemiallisen korroosion. (By 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s 19). Kun betoni ajan myötä karbonatisoituu, tämä oksidikalvo rikkoutuu ja korroosio voi alkaa. Raudoituksen pinnasta alkaa liueta materiaalia, mikä johtaa raudoitteen poikkileikkausalan pienenemiseen ja heikentää rakenteen kantavuutta. Korroosio vaatii huomattavasti suuremman tilan kuin alkuperäinen teräs, joten korroosion voi havaita betonipinnassa esiintyvistä halkeamista ja lohkeamista, kuten kuvassa 1. (Pyy 2019). Halkeamat voivat olla myös sisäisiä, jonka vuoksi niitä on vaikeampaa havaita.

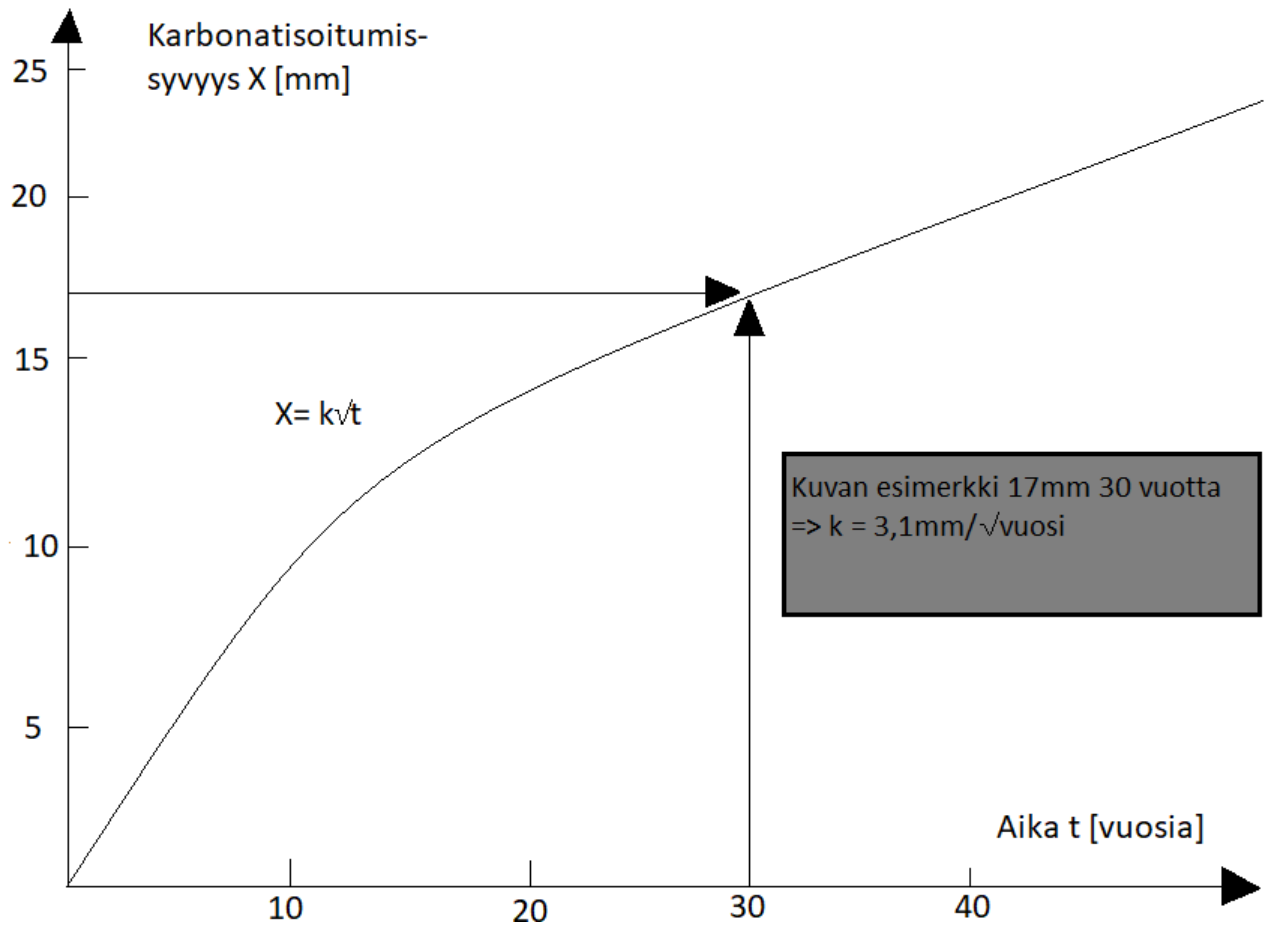




Kuva 1. Korroosion aiheuttamia vauriotyyppejä teräsbetonirakenteessa. (Pyy, H 2019, Betonirakenteiden kemialliset vauriot).

### 2.3 Betonin karbonatisaatio

Betonin neutraloitumisreaktioita kutsutaan karbonatisoitumiseksi, jonka seurauksena betonin huokosveden pH-arvo pienenee. Reaktio syntyy ilman sisältämän hiilidioksidin tunkeutumisesta betonirakenteeseen. Karbonatisoituminen alkaa betonin pinnasta ja etenee hitaasti syvemmälle betoniin. (Kuva 2.) Karbonatisoitumisen saavuttaessa raudituksen, alkaa raudituksen korrosio. Karbonatisoitumista voidaan hidastaa suojaavilla pinnoitteilla. Pinnoitteiden käyttöiät ovat kuitenkin vaihtelevia, mikä tulee ottaa huomioon pinnoitetta valittaessa sekä kunnossapitotoimissa. (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s 21).



Kuva 2. Karbonatisoitumisrintaman eteneminen ajan funktiona neliöjuurimallin mukaan. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002 s. 22).

## 2.4 Betonin rapautuminen

Betonin rapautuminen voi aiheutua seuraavien turmeltumislmiöiden seurauksena:

- Pakkasrapautuminen
- Ettringiittireaktio
- Alkalikiviainesreaktio. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013, s 29.)

Suomen olosuhteissa pakkasrapautuminen on suurella erolla selvästi yleisin rapautumisen muoto. Yksittäistapauksissa muutkin rapautumisen muodot ovat myös mahdollisia. Pakkasrapautuminen syntyy betonin huokosverkostossa olevn veden jäätyminen

seurauksena, josta aiheutuu paineen kasvu huokosissa, jota kasvattaa edelleen jääkiteen tilavuuden kasvu lämpötilan taas noustessa. (Betonijulkisivun kuntotutkimus 2002, s 27).

Betonirakenteen pakkasenkestävyys riippuu ympäristöolosuhteista ja betonimateriaalin ominaisuuksista. Jos betoni pääsee usein märkänä ollessaan jäätymään, ovat ympäristöolosuhteet vaativia. Jos näin on, niin betonilta edellytetään käytännössä lisähuokostusta. Ennen 1980-lukua sitä ei useimmiten vielä ollut käytössä. (Betonitekniikan oppikirja 2004, s 104).

### 3 KOHDE JA TOIMEKSIANTO

Toimeksiantajana toimii taloyhtiö X, Pohjanmaan kiinteistöpalvelujen välityksellä. Toimeksianto oli kohteen X kolmen kerrostalon parvekkeiden nykykunnan tutkiminen ja mahdollisen korjaustarpeen laajuuden selvittäminen. Tässä työssä käsitellään yhtä kolmesta kerrostalosta. (kuva 3). Kohde on 1970 valmistunut rintamamieskerrostalo. Rakennus on kolmikerroksinen. Rakennuksessa on 12 parvekettä sekä kaksi tuuletusparvekettä. Kohteessa ei ollut pielirakenteita, joten kaikki tutkimukset on tehty parvekelaatoille. Kohde on alun perin rakennettu sotaveteraaneille sekä heidän leskilleen. Kohteeseen ei ole tehty korjaustoimenpiteitä ennestään.



Kuva 3. Kohteen julkisivu

## 4 KÄYTETYT TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Visuaalinen tarkastelu

Visuaalisessa tarkastelussa on tarkoitus selvittää ja suunnitella varsinaisen tutkimuksen suorittamiseen liittyviä tekijöitä, kuten

- Esteettömyys ja vapaa kulku saksilavalle
- Maaperän kantavuus
- Näkyvien rakenteiden silmämääräinen kunto
- Näytepalojen porauskohdat
- Vedensaanti näytepalojen porausta varten
- Näkyvien vaurioiden dokumentointi
- Rakennuksen sijainti
- Rakennuksen suojaisuus
- Pellitysten kunto (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus s. 75)

Visuaalinen tarkastelu suoritetaan ennen varsinaiseen tutkimukseen ryhtymistä, sillä se antaa suunnan tutkimukselle. Jos silmällä pystytään toteamaan rakenteen huono kunto, tarvitaan vähemmän muita tutkimuksia (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s 75). Visuaalinen tarkastelu ei pääty tutkimuksen aloittamiseen, vaan havainnointia ja dokumentointia jatketaan koko tutkimuksen ajan. Dokumentointi on tärkeää raportointia varten, sillä konkreettinen kuva vaurioista kertoo enemmän asiakkaalle ja asukkaille, joilla mahdollisesti on pienempi tietämys aiheesta.

## 4.2 Peitekerrosmittaus

Raudoitteiden peitepaksuuksia kartoittamalla pyritään määrittämään, kuinka suuri osuus raudoitteista on riskialttiilla vyöhykkeellä karbonatisoitumisesta johtuvan korroosion suhteen (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s 94). Tutkimuksessa käytettiin peitekerrosmittaria, koska sillä voidaan mitata suojakerros luotettavasti rakennetta rikkomatta. Oikeiden mittausarvojen saaminen edellyttää, että mitattavan raudoitteen halkaisija syötetään laitteeseen ja että mittari kalibroidaan huolellisesti ennen mittauksien aloittamista. Raudoitteiden halkaisijat voidaan selvittää rakenteen piirustuksista tai itse laitteella mittaamalla. Parvekerakenteiden osalta raudoitus on hyvin vakioitunut ja raudoitteiden halkaisijat ovat siten suhteellisen helposti ennakoitavissa. Peitepaksuuksien kartoittaminen suoritetaan mittaamalla raudoitteiden peitepaksuuksia satunnaisotantana tutkittavilta pinnoilta tai systemaattisesti yhdestä rakenteesta ja kirjaamalla kaikki yksittäiset mittausarvot muistiin. Näin saadaan käsitys, kuinka suuri osuus raudoitteista on korroosiovaarassa. (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s 100).

## 4.3 Karbonatisoitumissyvyyden mittaaminen

Betonin karbonatisoitumissyvyyttä mittaamalla pyritään määrittämään, miten syväälle betoni on neutralisoitunut ja näin menettänyt ominaisuutensa suojata raudoitteita korroosiolta. Karbonatisoitumissyvyyttä mitataan pH-indikaattorilla, jolla pystytään erottamaan neutraloitunut betoni (pH 8) ja hyvä betoni (pH 13–14) (Ositum, [Viitattu 23.3.2020]). Karbonatisaatiokoe tehdään ottamalla kohteesta porattu koelieriö, johon sivellään fenoliftaeiiniliuosta. Liuos reagoi karbonatisoitumattoman betonin kanssa värjäämällä sivellyn alueen vaaleanpunaiseksi. Koetulos saadaan ottamalla työntömitta koepalan karbonatisoituneen alueen maksimisyvyydestä. (kuva 4). Karbonatisaatiokoe onnistumisen kannalta on tärkeää, että rakenteesta porattu koepala kuivataan, putsataan ja laitetaan tiiviiseen pakkaukseen, jotta tuore leikattu pinta ei ehdi reagoida ilman hiilidioksidin kanssa ennen koetta. (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s 97).



Kuva 4. Fenoliftaeiiniliuoksella kriittisiltä alueilta näytteen päistä sivelty koekappale.

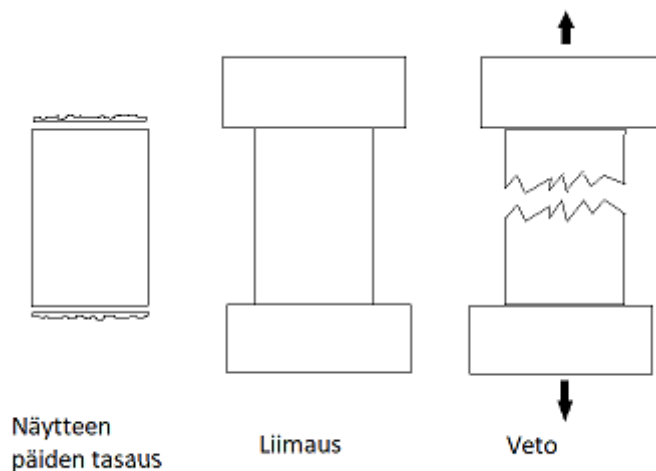
#### 4.4 Puristuskoee

Betonin laadun mittarina käytetään yleisesti puristuslujuutta (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s. 120). Puristuslujuus ei kuitenkaan kuvaa vaurioiden olemassaoloa tai sen etenemistä. Puristuslujuus mitattiin kentällä kimmoasaralla, sekä laboratoriossa koelieriön puristuskokeella. Kimmoasaran toiminta perustuu puristuslujuuden ja pinnan kimmoisuuden väliseen riippuvuuteen (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s.122).

Kimmo- ja puristuskoetta varten koepalat tulee sahata sopivaan mittaansa ja hioa puristuspinnot niin, että testaushetkellä näytteen pituuden ja halkaisijan suhde on 1,0.

#### 4.5 Vetokoe

Rapautumisen seurauksena betoniin syntyy mikrohalkeamia, jotka alentavat betonin lujuutta. Mikrohalkeamat alentavat selvästi enemmän betonin vetolujuutta kuin puristuslujuutta. Koepalat täytyy valmistaa vetokoe varten hiomalla päät tasaisiksi ja liimaamalla vetokappaleet molempiin päihin. Valmisteluvaiheessa on tärkeää liimata vetokappaleet tarkasti, jotta reunoilta ylivaluva liima ei aiheuta palojen poikkileikkauspinta-alan kasvamista ja että veto säilyy keskeisenä kokeessa. (kuva 5). Kuitenkin liiman täytyy olla tarpeeksi vahvaa ja liiman täytyy antaa kuivua tarpeeksi kauan. Hätäinen liimaus aiheuttaa kokeen epäonnistumisen siltä osin, että vetokappale irtaantuu koepalasta, eikä haluttua koepalan vetolujuuden arvoa saada selville. (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus, s 109).



Kuva 5. Vetokokeen periaate. (By 42. Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013).



## 5 TUTKIMUSTULOKSET

### 5.1 Silmämääräinen tutkimus

Paikan päälle tultaessa oli selvää, että parvekkeet olivat huonossa kunnossa. Asiakkaan mukaan rakenteille ei ollut tehty 50 vuoden aikana minkäänlaisia konkreettisia korjaustoimenpiteitä, vaan ainoastaan kosmeettisia. Vedenpoistojärjestelmät olivat olemassa, mutta ne olivat suurelta osin tukossa tai rakenteesta ajan myötä irronneita. Laattojen alapinnoissa on joskus ollut suojaava käsittely ja ohutkerrosrappaus, mutta se on lähes kokonaan hilseillyt pois. Tämän seurauksena on asennettu visuaalisesta syystä pellitys laatan alapintaan, joka kuitenkin purettiin tutkimuksia varten pois. (Kuva 6).



Kuva 6. Laatan alapuoliset vauriot.

Alimman kerroksen parvekkeiden alapuolet olivat vakavasti pakkasrapautuneita, kuten kuvasta 7 ilmenee ja betonia pystyi käsin raapimaan pois. Piikattaessa betoni irtosi helposti isoina paloina, joka kielii pitkälle edenneestä rapautumasta.



Kuva 7. Pakkasrapautumaa.

Parvekkeille tultaessa koepalojen porausta varten havaittiin useassa laatussa isoja halkeamia. Pintavalu oli huokoisempaa kuin kantava laatta, joten kosteuden muodonmuutokset ovat aiheuttaneet halkeamat. (Kuva 8). Halkeamat edesauttavat kosteuden ja ilman pääsemistä kosketuksiin kantavan laatan kanssa.



Kuva 8. Pintavalussa oleva halkeama.



Raudoitteita oli pahiten rapautuneiden parvekelaattojen alapuolella näkyvissä. Rapautunut betoni on korkannut pois raudoitteiden korroosion vuoksi raudoitteiden ympäriltä. (Kuva 9). Teräksen lujuusominaisuudet ovat lähes hävinneet ja teräs on pitkälti tunnistamaton korroosion vuoksi.



Kuva 9. Korroosio on muuttanut lähes koko teräksen ruosteeksi.

Koepaloja poratessa huomattiin heti, että pintavalu oli irrallaan kantavasta laatasta, sillä koepalat tulivat kahtena osana. (Kuva 10). Ennen pintavaluun ryhtymistä tulee alemman kerroksen pinta hioa, sillä siinä oleva betoniliima estää uuden kerroksen tartunnan.



Kuva 10. Pintavalu on irrallaan kantavasta laatasta.

## 5.2 Peitekerrosmittaus

Raudoitteen etäisyys kantavan laatan alapinnasta mitattiin peitekerrosmittarilla. Suojaetäisyys on nykystandardeissa 25 mm. Mittaustuloksia otettiin kuudesta eri laatasta useista eri kohdista laatan ylä- ja alapuolelta. Rakenne on kaksiosainen, koostuen kantavasta laatasta sekä pintavalusta, jossa on pieni kaato. Pintavalu on rakenteessa noin 30–50 mm vahva, eikä siinä ei ollut raudoitusta. Tulokset esitetään alapuolelta saaduista arvoista, koska yläpuolisten raudoituksien etäisyyttä kantavan laatan reunasta on vaikea arvioida. Peitekerrosmittari näytti pienimmillään suojaetäisyydeksi 6 mm. Mediaani oli 15 mm. (Kuva 11). Peitekerrosten riittämättömyyden selittää parvekelaattojen paikallavalu. Rakentamisaikana ei ollut nykyaikaisia välikkeitä, eli ”korppuja”, jotka varmistavat teräksen vaadittavat etäisyydet rakenteen alapinnasta.

Peitekerrosmittaus					
D41	D42	D21	D11	Tuuletusparveke D-rappu	
11	12	14	11	8	
13	14	23	14	7	
9	17	19	19	9	
6	15	21	15	13	
25	15	20	19	16	
13	16	15	17	9	
Betonipeitteen keskiarvo millimetreinä					
12,8	14,8	18,6	15,8	10,3	

Kuva 11. Peitekerrosmittauksesta saadut tulokset taulukoituna.

## 5.3 Karbonatsoistumisvyvyys

Karbonatisaatiokoe tehtiin kaikille koepaloille. (Kuva 12). Kokeen tulos saadaan karbonatisoitumisen maksimisyvydestä koepalassa millimetreinä. (Kuva 13). Pienin tulos oli 6,4 mm ja suurin 41,3 mm. Karbonatisoituminen oli edennyt yli pintaraudoituksen (alapinta) kaikissa parvekkeissa.



Kuva 12. Karbonisaatiokoe tehty. Koepaloissa on merkintä, josta nähdään mistä laatasta koepala on porattu. Koepalasta huomattavissa irrallinen pintavalu.

Karbonisoitumissyvyys (mm)									
D44A		D41B		D11A		D14A		D14B	
Yläpinta	Alapinta	Yläpinta	Alapinta	Yläpinta	Alapinta	Yläpinta	Alapinta	yläpinta	Alapinta
12,7	21,4	21,1	41,3	22,5	33,1	6,4	22	23,8	0

Kuva 13. Karbonisaatiokokeen tulokset

#### 5.4 Puristuslujuus

Kimmovasaralla otettiin testituloksia 11 kappaletta per laatta, neljästä eri laatasta, ylä- ja alapuolelta. Ylä- ja alapuolen betonit ovat eri laatua. Kun otetaan tarkempaan tarkasteluun kantava laatta (testaussuunta Y), keskiarvoksi saadaan 38,1 MPa. Pintalaatan





Testauskohta nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pinta hiottu (X)																
Testaussuunta	Y	Y	Y	Y												
Kimmovasaralukemat	Yksittäiset lukemat	40	26	38	31											
		32	44	43	44											
		35	52	43	38											
		34	49	41	40											
		34	41	31	54											
		23	21	33	34											
		30	44	43	43											
		31	41	30	37											
		33	41	38	37											
		31	40	19	30											
		29	43	27	41											
		Keskiarvo	32,0	40,2	35,1	39,0										
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]	30,0	44,5	35,5	42,5												

#### VERTAILULUJUUDEN LASKENTA

Testauskohtien lukumäärä n	4	Koska testauskohtien lukumäärä on 4
Lujuustulosten keskiarvo $f_{cm}$	38,1	vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista:
Koetulosten keskihajonta s	6,7	- $Kk=f_{cm}-f_n = 32$ MPa
Variaatiokerroin $s/f_{cm}$	0,17	- $Kk=f_{cm}+4 = 34$ MPa
Pienin yksittäistulos $f_{cmin}$	30	
$f_n$	6	

**Arvosteluerän vertailulujuus  $Kk = 32$  MPa**

#### ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS

Rakenneluokassa 2 arvosteluerän on hyväksyttävä, jos variaatiokerroin arvolla **0,17** vertailulujuus  $Kk$  on vähintään **84,9** % nimellisujuusvaatimuksesta **25** MPa.  
Koska vertailulujuus  $Kk$  on **128,0** % nimellisujuusvaatimuksesta arvosteluerä voidaan hyväksyä. Myös muiden SYL 3:n kohdassa 3.3.1.5 esitettyjen laatuvaatimusten on täyttyvä.

Kuva 15. Tulokset kantavasta laatasta.

Testauskohta nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
Pinta hiottu (X)																
Testaussuunta	A	A	A	A												
Kimmovasarakkeet	Yksittäiset lukemat	36	31	41	24											
		26	40	29	42											
		13	30	31	23											
		33	24	35	39											
		33	19	46	38											
		39	32	27	21											
		34	30	43	21											
		29	38	38	31											
		14	19	37	45											
		29	27	35	37											
		36	23	35	38											
					28											
		Keskiarvo	29,3	28,5	36,1	32,3										
Testauskohdan lujuusarvo [MPa]	38,5	37,0	48,5	42,5												

VERTAILULUJUUDEN LASKENTA	
Testauskohtien lukumäärä n	4
Lujuustulosten keskiarvo $f_{cm}$	41,6
Koetulosten keskihajonta s	5,1
Variaatiokerroin $s/f_{cm}$	0,12
Pienin yksittäistulos $f_{cmin}$	37
$f_n$	6

Koska testauskohtien lukumäärä on 4 vertailulujuus on pienempi seuraavista arvoista:

- $Kk=f_{cm}-f_n = 36$  MPa
- $Kk=f_{cmin}+4 = 41$  MPa

**Arvosteluerän vertailulujuus  $Kk = 36$  MPa**






ARVOSTELUERÄN HYVÄKSYTTÄVYYS	
Rakenneluokassa 2 arvosteluerän on hyväksyttävä, jos variaatiokerroin arvolla	0,12
vertailulujuus $Kk$ on vähintään	80,0 % nimellislujuusvaatimuksesta 25 MPa.
Koska vertailulujuus $Kk$ on	144,0 % nimellislujuusvaatimuksesta arvosteluerä voidaan hyväksyä. Myös muiden SYL 3:n kohdassa 3.3.1.5 esitettyjen laatuvaatimusten on täyttyvä.

Kuva 16. Tulokset pintavalusta.

Laboratoriossa puristetut koelieriöt olivat kantavasta laadasta. Puristuslujuuksissa oli hyvin suuri hajonta eli 17,6 MPa. (Kuva 17). Laboratoriossa puristetut tulokset ovat aina luotettavia ja kimmovasaran antamat tulokset lähinnä suuntaa antavia, mutta helpompia toteuttaa suurina määrinä. Lujuuden keskiarvo koelieriöissä on 33,6 MPa. Tiheyden keskiarvo on 2340 kg/m<sup>3</sup>.



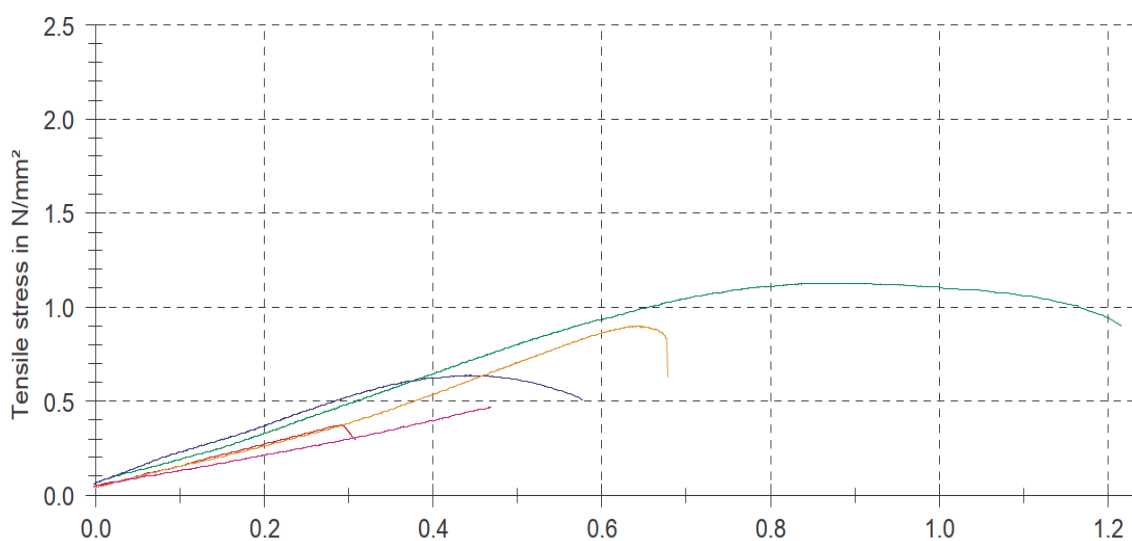
## Test results:

Legend	No.	d-mitta mm	h-mitta mm	Halkaisija mm	G kg	S <sub>0</sub> mm <sup>2</sup>	F <sub>max</sub> kN	σ <sub>M</sub> MPa	K MPa	ρ kg/m <sup>3</sup>
	1	50,18	50,3	50,2	0,2358	1982	62	31,3	34,4	2365
	3	50,04	50,11	50,0	0,2351	1966	76	38,8	42,7	2386
	4	50,03	48,88	50,0	0,2150	1966	53	26,8	29,4	2237
	5	50,05	50,38	50,1	0,2385	1967	45	22,8	25,1	2406
	7	50,43	51	50,4	0,2348	1997	66	33,2	36,5	2305

Kuva 17. Puristuskokeen tulokset.

## 5.5 Vetolujuus

Vetolujuuskokeen tulokset olivat alhaisia. (Kuva 18). Vetolujuuden (SFS 5445) ollessa alle 1,0 N/mm<sup>2</sup> on näytteessä jonkinasteista rapautumaa ja alle 0,5N/mm<sup>2</sup> on näytteessä pitkälle edennyttä rapautumaa (BY 42: Betonijulkisivun kuntotutkimus 2013 s. 104 taulukko 6.1).



Kuva 18. Vetokokeen tulokset ovat hälyttäviä.

## 6 TULOSTEN ANALYSOINTI JA SUOSITUKSET

Parvekelaattojen kunto oli kokonaisuudessaan huolestuttava. Parvekelaatan kannatin-teräkset eli ratakiskot olivat vielä suhteellisen hyvässä kunnossa. Betonin lujuus ylittää rakennusaikana olleen vaatimuksen K25, mutta nykyaikana vaatimukset ovat korkeammat. Myös raudoitteiden peitekerros on riittämätön. Raudoituksen vähimmäis-suojaetäisyys betonirakenteen reunasta on 25 mm. Karbonatisoitumisrintama on edennyt alimmaisten raudoitusten ohitse, ja korroosio on harjateräksissä pitkälle edennyttä. Raudoituksen laajan korroosion vuoksi ruostuneet teräkset ovat menettäneet tekniset ominaisuutensa ja parvekkeen sortumisvaara on merkittävä. Raudoitusten huonosta kunnosta päätellen voidaan epäillä, että rakenteen sisälle on syntynyt runsaasti sisäisiä halkeamia, joka edelleen kasvattaa rakenteen sortumisriskiä. Jos suojaetäisyys täyttyisi, ei karbonatisoituminen vielä olisi saavuttanut kaikkia alimmaisista raudoituksista.

Vetokokeen tuloksia tutkiessa voi todeta, että betonissa on pitkälle edennyttä rapautumaa. Tutkimusten yhteydessä parvekkeita piikattaessa todettiin, että betoni on haurasta. Tämä johtuu siitä, että betoni ei ole tarpeeksi tiivistä. Koepaloista saatiin selville, että rakenne ei ole suunnitelmien mukainen, sillä kantavan laatan pinnassa oleva betoniliima estää pintalaatan tartunnan (ks. kuva 10). Koepaloista ilmeni myös, että betonissa on runsaasti suurehkoja ilmakuplia, mikä heikentää betonin kantavuutta. (Kuva 19).



Kuva 19. Koepalassa ilmakuplia.

Rakenteen huoltotoimenpiteitä on laiminlyöty. Suojaavat käsittelyt ovat olleet riittämättömiä, ja epäkunnossa oleva vedenpoistojärjestelmä rasittaa rakennetta entisestään.

Pellistä tehty vedenpoistojärjestelmä tulisi korjata tai uusia pikimmiten. Parvekkeiden korjaustoimenpiteeksi voidaan suositella ainoastaan purkua ja uudelleen rakentamista, koska rakenne on kärsinyt vakavia vaurioita ja sen elinikä on jo loppuillaan.

Uudelleen rakentamisessa voidaan purkamisen jälkeen tutkia, voidaanko pääkannattimien eli rataaksojen varaan rakentaa uutta parvekerakennetta vai tulisiko uudet parvekkeet rakentaa teräselementeistä omien pohjien varaan irralleen rakennuksesta.

Tutkimuksien perusteella parvekkeet on syytä asettaa käyttökieltoon, sillä sortumisvaara on olemassa ja kantavuus on heikentynyt.

## LÄHTEET

BY 42. Betonijulkisivun kuntotutkimus. 2002. 2. p. Helsinki: Suomen Betoniyhdistys Oy.

BY 42. Betonijulkisivun kuntotutkimus. 2013. Helsinki: BY – Koulutus Oy.

BY 201. Betonitekniikan oppikirja. 2004. Helsinki: BY – Koulutus Oy.

Herranen, M. 2013. Tilaaajan ohje- betonijulkisivun ja -parvekkeiden kuntotutkimus. [Verkkajulkaisu]. Rakennustieto. [Viitattu 23.3.2021]. Saatavana: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK130601.pdf>.

Ositum. Ei päiväystä. Kemiaalliset tutkimukset. [Verkkosivu]. [Viitattu 23.3.2021]. Saatavana: <https://www.ositum.fi/Karbonatisoituminen>

Pyy, H. 2019. Betonirakenteiden kemialliset vauriot. [Verkkajulkaisu]. Betoniyhdistys. [Viitattu 23.3.2021]. Saatavana: <http://www.betoniyhdistys.fi/media/kurssimateriaalia/bkr-2019/hannu-pyy-betonin-korjauskurssi-2019.pdf>

SFS 5445. 2000. Betoni. Vetolujuus. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto.

## **LIITTEET**

Liite 1. Kuntotutkimusraportti