

# **Betonisten julkisivuelementtien laatu**

Ella Turunen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2013  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talorakennustekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Talonrakennustekniikka

ELLA TURUNEN:  
Betonisten julkisivuelementtien laatu

Opinnäytetyö 47 sivua  
Toukokuu 2013

---

Tässä opinnäytetyössä käsitellään uusien betonisten julkisivuelementtien pintojen laatua. Työssä kerrotaan erilaisista betonijulkisivupinnoista ja niiden laatuvaatimuksista, laatuun vaikuttavista tekijöistä sekä mahdollisista betonipintojen virheistä ja niiden korjausmahdollisuuksista. Suunnittelijalle, rakentajalle, valmistajalle ja asiakkaalle elementtien laatu voi merkitä eri asioita. Esimerkiksi rakentajalle elementin toimivuus voi olla tärkeämpi laatutekijä kuin ulkonäkö. Suunnittelija määrittää tietyn laadun, jonka rakentaja ja valmistaja yrittävät saavuttaa. Tavoitettu laatu ei välttämättä kuitenkaan vastaa asiakkaan ajattelemaa laatua ja näin syntyy erilaisia laatutavoitteita.

Idea opinnäytetyön aiheeksi tuli valmiin rakennuksen takuutarkastuksesta, jolloin havaittiin, että tietoa julkisivujen laatuvaatimuksista oli hajanaisesti ja vaikealukuisesti. Tavoitteena oli tutkia, minkälaisia laatuohjeita on olemassa, mitkä asiat laatuun vaikuttavat, sekä mahdollisuuksista korjata pintojen virheitä. Työssä tutkittiin vain uusia betonipintoja.

Lopputuloksena on tiivis tietopaketti mahdollisista betonipinnoista, niiden olemassa olevista laatuvaatimuksista sekä pintojen virheistä. Opinnäytetyö voi antaa ideoita paremman laatutason seuraamiseen esimerkiksi työmaalla elementtien vastaanotossa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree programme in Construction Engineering  
Building Construction

ELLA TURUNEN:  
The quality of concrete façade elements

Bachelor's thesis 47 pages  
May 2013

---

This thesis deals with the quality of concrete surfaces of facade elements. The quality can mean different things to different factors of construction. Planner defines a specific quality level, which manufacturer and constructor tries to achieve but it may not be enough for the customer.

The theoretical section of this thesis explores different kinds of concrete surfaces and their quality requirements, factors that effect on the quality, possible flaws on surfaces and how to repair them. This thesis concerns only new concrete surfaces.

The aim for this thesis was to research different quality requirements and instructions, possible flaws and reparations for concrete surfaces in façade elements. The thesis is an informative package of concrete surfaces in façade elements and it can give tips on how to monitor quality and how to achieve desired quality level.

---

Key words: quality, concrete, surface, facade, element

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	BETONISET JULKISIVUT .....	8
2.1	Betonipintaiset julkisivuelementit .....	8
2.1.1	Muottia vasten valetut pinnat .....	9
2.1.2	Tuoreena käsitellyt betonipinnat .....	10
2.1.3	Kovettuneena käsitellyt betonipinnat .....	12
2.1.4	Pinnoitettavat betonipinnat.....	13
2.1.5	Väribetonipinnat.....	15
2.1.6	Muut betonipinnat .....	16
2.2	Julkisivun täydentävät osat .....	17
2.2.1	Betonielementtiparvekkeet.....	18
3	BETONIPINTOJEN LAATU .....	20
3.1	Betonipintojen laatuvaatimukset.....	20
3.1.1	Muottia vasten valetut pinnat .....	20
3.1.2	Tuoreena käsitellyt betonipinnat .....	22
3.1.3	Kovettuneena käsitellyt betonipinnat .....	24
3.1.4	Pinnoitettavat betonipinnat.....	27
3.1.5	Laatuvaatimusten käyttö .....	30
3.2	Laatuun vaikuttavat tekijät.....	33
3.2.1	Elementtien valmistaminen.....	33
3.2.2	Elementtien varastointi ja vastaanotto .....	35
4	BETONIPINTOJEN VIRHEET.....	36
4.1	Betonipintojen virheet.....	36
4.1.1	Väri vaihtelu.....	36
4.1.2	Huokoisuus.....	38
4.1.3	Tasaisuus .....	38
4.1.4	Halkeilu .....	39
4.2	Virheiden ehkäisy .....	41
4.3	Virheiden korjaus.....	42
5	POHDINTA.....	44
	LÄHTEET .....	47

**ERITYISSANASTO**

fraktioväli	kahden tietynkokoisen raekoon välinen seula, esimerkiksi kahden ja viiden millimetrin fraktioväli päästää kaiken halkaisijaltaan alle viiden millimetrin kiviaineksen läpi, mutta kaikki yli kahden millimetrin kiviaines jää seulaan
nystermä	betonipinnassa ilmenevä kohouma, joka johtuu usein muotissa olevasta kuopasta
Tadao Ando -pinta	samettimainen betonipinta, joka on saanut nimensä japanilaisen arkkitehdin Tadao Andon mukaan

## 1 JOHDANTO

Idea opinnäytetyöni aiheeksi tuli Skanska Talonrakennus Oy:ltä, kun huomattiin tarve selkeisiin ja yksiselitteisiin betonijulkisivujen laatumääritelmiin. Alkuperäinen tarkoitus oli tutkia erilaisia laatuvaatimuksia betonipintaisille julkisivuelementeille, mutta melko nopeasti työ laajeni käsittelemään myös laatuun vaikuttavia tekijöitä.

Laatu tarkoittaa terminä jonkin esineen, prosessin tai ihmisen ominaisuuksia ja haluttavuutta. Laatu on objektiivista, kun puhutaan esineistä ja toiminnasta, mutta muuttuu subjektiiviseksi, kun erilaiset käyttäjät arvioivat laatua omien kokemustensa ja tarpeidensa kautta. (Sivistyssanakirja.) Rakentamisessa laadun määrittäminen yksiselitteisesti on hankalaa juuri siksi, että tehty tuote voidaan määritellä tiettyjen yhteisten vaatimusten mukaan, mutta lopulta asiakas tarkastelee saamaansa tuotetta omien tarpeidensa mukaisesti ja määrittelee sille laatutason.

Rakentamisessa laadun määrittäminen alkaa suunnittelusta. Tilaaja ja pääsuunnittelija määrittävät kohteelle halutun laatutason, jonka mukaan valmistaminen ja rakentaminen toteutetaan. Rakentaminen pyritään tekemään tehokkaasti resursseja säästäten, joten usein rakentamisessa tyydytään asetetun laatutason saavuttamiseen.

Tutkimukset osoittavat, että jopa kolmannes rakentamisen resurssien käytöstä voi olla seurausta huonosta rakentamisprosessista. Teollisuus rakentamisessa lisää sen tehokkuutta, sillä teollisilla rakennejärjestelmillä kasvatetaan rakentamisen tuotettavuutta ja laatua. (Teollinen valmisosarakentaminen.) Suomessa teollisella betonirakentamisella on pitkät perinteet. Suomessa betoniteollisuus on aloittanut elementtiteknologian kehittämisen 1940- ja 1950-lukujen vaihteessa ja ensimmäiset julkisivuelementit on kiinnitetty Viljo Revellin suunnittelemaan Palace-taloon. (Elementtirakentamisen historia.)

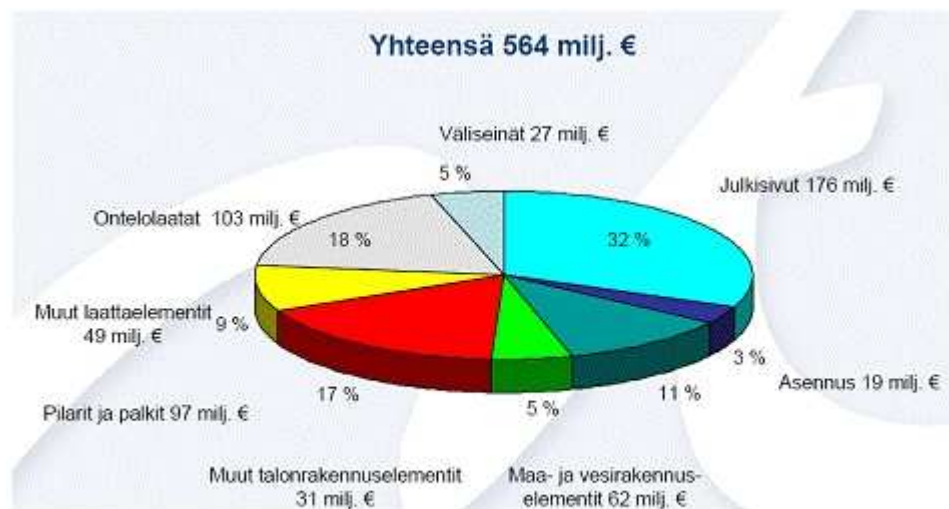
Teollinen betonirakentaminen toteutetaan valmistamalla tehtaalla elementit mahdollisimman pitkälle, jotta työmaalla ne tarvitsee vain asentaa. Prosessi lähtee asiakkaan tarpeista ja vaatii onnistuakseen hyvää projektointia, yhteistyötä, tehokkaan informaatiotekniikan sekä logistiikan ja hankintojen kehittämistä. (Teollinen valmisosarakentaminen.)

Betonivalmisosien laatu saavutetaan osaltaan laatuvalvottujen raaka-aineiden, kuten sementin, kiviaineksen, betoniteräksen ja teräsosien käytöllä. Hyvällä laadulla saavutetaan energiaa säästävää, kosteusteknisesti toimivaa ja hyvin ääntä eristävä rakennus, jolla on pitkä käyttöikä ja alhainen ympäristökuormitus. Hyvä loppulaatu vaatii kuitenkin aina sitoutunutta yhteistyötä koko rakentamisen ketjussa. (Teollinen valmisosarakentaminen.)

## 2 BETONISET JULKISIVUT

### 2.1 Betonipintaiset julkisivuelementit

Betonisten julkisivurakenteiden käyttö on eriasteisten valmisosien ja elementtien hyödyntämistä, jolloin julkisivu voidaan saada valmiina rakenteena pinnoitteineen, täydentävine osineen ja varusteineen (RT 82-10766 2002). Valmis julkisivu on elementtien ja saumojen, täydentävien osien ja ulkotasojen kokonaisuus, joista jokainen osio vaikuttaa julkisivun yleisilmeeseen. Betonisilla seinäelementeillä voidaan toteuttaa kestäviä ja edullisia julkisivuratkaisuja ja betonielementtien osuus onkin kaikista runkorakenteista noin kolmannes ja julkisivuista noin 15 % (Teollinen valmisosarakentaminen). Kuviossa 1 on betonielementtiteollisuuden liikevaihto vuonna 2008 ja siitä näkyy julkisivujen osuus kaikista betonielementeistä.



**Betonielementtiteollisuuden liikevaihto 2008. Betoniteollisuus ry:n tilasto.**

KUVIO1. Betonielementtiteollisuuden liikevaihto vuonna 2008 (Teollinen valmisosarakentaminen).

Arkkitehti voi valita betonin värin ja pintakäsittelyn erittäin laajasta valikoimasta (Teollinen valmisosarakentaminen). Julkisivuelementtien pinnat voidaan tehdä muottia vasten valettuina pintoina, tuoreena tai kovettuneena käsiteltyinä pintoina, pinnoitettavina pintoina tai väribetonipintoina. Pinnoittaminen voi olla maalaamista, laatoittamista tai pinnoittamista muulla vastaavalla menetelmällä.



### 2.1.1 Muottia vasten valetut pinnat

Muottia vasten valetut pinnat voivat olla joko paikkavalettuja, liukuvalettuja tai elementtipintoja. Tässä työssä käsitellään vain elementtipintoja. Muottia vasten valetun pinnan laatuun vaikuttaa merkittävästi muotin materiaali. Muottipinta voi olla mm. terästä, vaneria, sahatavaraa, muovia tai lasikuitua sekä muottikangasta.

Teräsmuotti soveltuu hyvin suurten, yhtenäisten sileiden betonipintojen tekoon. Teräsmuotti kestää useita käyttökertoja, mutta vaatii hyvää huoltoa. Yleisimpiä teräsmuotin jättämiä pintavaurioita ovat ruoste sekä erilaiset käsittelyvauriot, kuten kolot ja painumat. Teräsmuotin käyttö edellyttää aina muotiniirrotusaineen käyttöä. Elementtipinnat valetaan usein vaakatasossa olevaa teräsmuottia vasten. (BY 40 2003, 23.)

Vaneri voi olla muottimateriaalina pinnoittamatonta tai pinnoitettua vaneria. Pinnoittamaton vaneri imee vettä ja vaikuttaa näin ollen betonimassan vesimäärään. Pinnoittamaton vaneri vaikuttaa myös betonimassan ilmamäärään vähentäen huokosten määrää. Pinnoittamatonta vaneria käytettäessä on aina käytettävä muotiniirrotusainetta. Pinnoitettua vaneria voidaan käyttää muutamia kertoja ilman irrotusainetta, mutta se vähentää pinnoitteen kestoikää. (BY40 2003, 22.)

Sahatavara jättää betonipintaan sahaustekniikan ja sahattavan puulajin perusteella omanlaisensa ulkonäön. Vaatimuksista riippuen tulee betonia vasten joko saha- tai höyläpinta. Oksakohdat jättävät betonipintaan tummia kohtia, sillä oksakohdat imevät enemmän vettä. Lautamuotit on aina kasteltava hyvin, sillä se tiivistää muotin ja vähentää samalla betonin tarttumista. Lautojen vedenimukyky vaihtelee, joten pinnassa voi esiintyä tummuusvaihtelua. Muotiniirrotusaineen käyttö kastelun ohella vähentää tätä ilmiötä. (BY40 2003, 23.)

Lasikuidun ja muovin käyttö muottimateriaalina on yleisintä pilareissa ja erikoismuoteissa, kuten kupumuoteissa. Lasikuitu ja muovi vaativat huolellisen tiivistyksen, sillä ne ovat erittäin tiivispintaisia materiaaleja. (BY40 2003, 23.)

Muottikankaalla saadaan aikaan valuhuokosettomia betonipintoja, sillä kankaan huokosverkosto johtaa täryttäessä pintakerroksesta pois ilmaa ja jonkin verran vettä. Muottikangas parantaa myös pinnan tiiveyttä ja säilyvyysominaisuuksia. Muottikangas jättää

betonipintaan kangasmaisen kuvion ja saattaa aiheuttaa kirjavuutta. Muottikankaan käyttö vaatii aina ennakkokokeita, joilla selvitetään sen toimivuus käytännössä. Muottikankaan ominaisuudet katoavat käytännössä jo muutaman käyttökerran jälkeen ja ne ovat vaurioherkkiä, joten niitä on käsiteltävä erityisen varovaisesti. (BY40 2003, 23-24.)

### **2.1.2 Tuoreena käsitellyt betonipinnat**

Tuoreena käsittely tarkoittaa, että betonipinnan ei anneta kovettua, vaan käsittely tehdään pinnan ollessa vielä tuore. Tuoreena käsitellyjä pintoja ovat harjatut, telatut, hierretyt ja pestyt pinnat.

Harjattu betonipinta tehdään oikaisemisen ja puuhierron jälkeen. Harjausta aloitettaessa ei pinnassa saa olla vettä. (RT 82-10657 2000.) Harjattuja betonipintoja käytetään yleensä julkisivuissa ja muissa seinäpinnoissa. Harjattu pinta sopii myös liukkaiden tasopintojen karhentamiseen sekä maalattavien pintojen käsittelyyn. Harjaus on hyvin edullinen käsittelymenetelmä. (BY40 2003, 56.) Kuvassa 1 on harjattu betonipinta.



KUVA 1. Harjattu betonipinta (Betonipinnat).

Telattu pinta sopii betonipinnoille, jotka ovat läheltä tarkasteltavia ja vaativia, sileän hienorapatun näköisiksi haluttuja julkisivupintoja (BY40 2003, 44). Telattu pinta tehdään teräshieron jälkeen sopivan ajan kuluttua. Pinnan käsittelyajankohta valitaan niin, että osa sementtiliimasta liikkuu telan mukana. Telaus jättää pinnat himmeiksi ja ulkonäöltään yhdenmukaisiksi. Telattu pinta toimii sellaisenaan tai se voidaan maalata sementtiliiman poiston jälkeen. (RT 82-10657 2000.)

Hierretyt pinnat voivat olla joko teräs- tai puuhierrettyjä pintoja. Teräshierrettyä pintaa käytetään esimerkiksi silloin, kun halutaan saada muottia vasten valetun pinnan vaikutelma. Teräshiertoa käytetään myös parvekelaattojen yläpintaan. Puuhierrettyä pintaa käytetään mm. julkisivupinnoitteella käsiteltäviin pintoihin ja rakennusten sokkeleihin. (BY40 2003, 44.) Teräshiertoa tehdään välittömästi oikaisemisen ja puuhierron jälkeen hiertämällä pinta kertaalleen teräslastalla (RT 82-10657 2000). Kuvassa on 2 on puuhierretty ja telattu betonipinta.



KUVA 2. Puuhierretty ja telattu betonipinta (Betonipinnat).

Pesubetonipinnan väri saadaan aikaan pääosaltaan kiviaineksella ja siksi värin säänkesto ja värisävyn säilyvyys ovat erittäin hyvät. Betonin pinta voidaan pestä joko kokonaan tai osittain sekä eri syvyyksiin halutun pintastruktuurin aikaansaamiseksi. (BY40 2003, 48.) Pesubetonipinta tehdään hidastinaineen vaikutusta hyväksikäyttäen pesemällä painevedellä sementtiliima betonipinnasta heti elementin muotista purkamisen jälkeen.

Pinnassa olevat kivet eivät saa irrota pesun aikana. Pesun jälkeen pintaa voidaan haluttaessa käsitellä edelleen happopesulla ja vesihuuhtelulla, mutta happopesu voi vaikuttaa pinnan kiiltoon. Pesubetonipinta voi olla myös hienopesty, jolloin pinnan pesusyvyys on alle 2 mm, kun muissa pestyissä pinnoissa pesusyvyys on yli 2 mm. (RT 82-10657 2000.)

### **2.1.3 Kovettuneena käsitellyt betonipinnat**

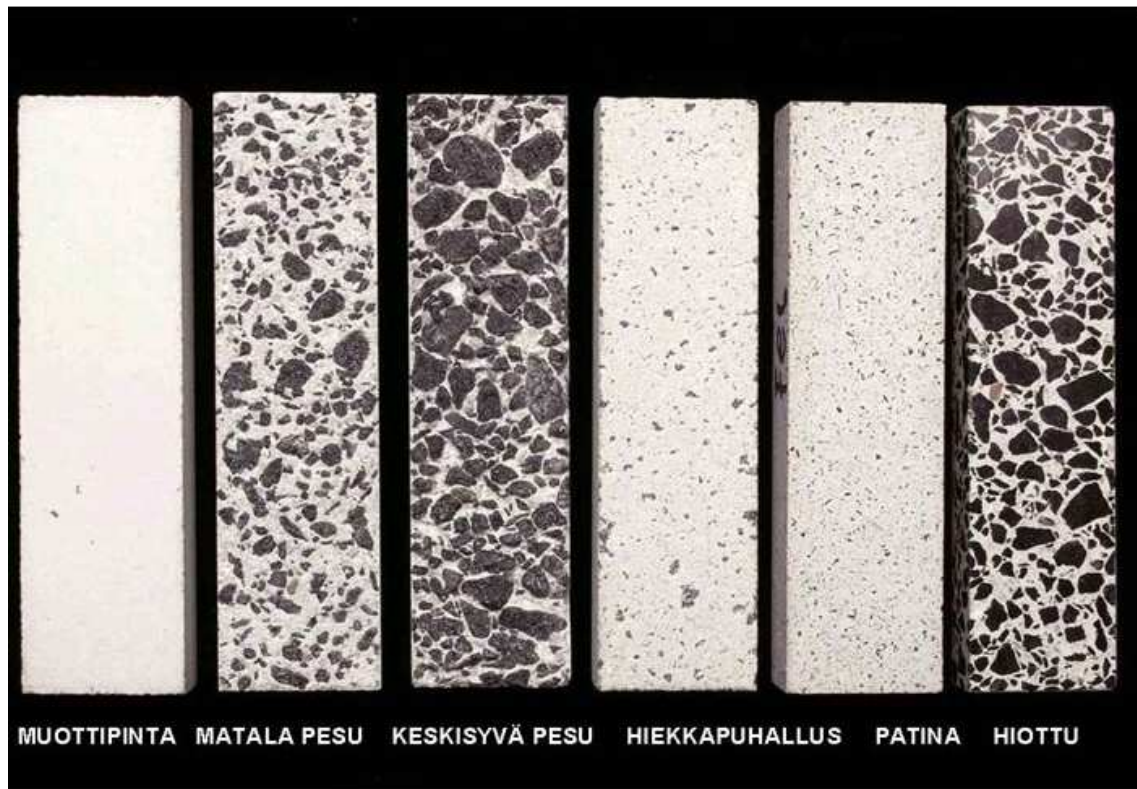
Kovettuneena käsitellyjä betonipintoja ovat hiekkapuhalletut pinnat, happopesty pinnat, hiottu pinnat sekä hakatut, murretut, lohkotut ja halkaistut pinnat.

Hiekkapuhallus tehdään yleensä muottia vasten valettuun pintaan. Puhallus poistaa sementtikiveä ja paljastaa lisää huokosia, sekä kuluttaa kiviaineksen pinnan sameaksi. Hiekkapuhalluspinnat jaetaan matalaan, keskisyvään ja syvään hiekkapuhallukseen, joista jokainen jaetaan vielä kahteen luokkaan. Matala hiekkapuhallus ei paljasta kivirakeita vaan poistaa ohuesti pinnasta sementtikiveä ja paljastaa valuhuokosia. Näin pinnan väri ja kiiltoerot tasoittuvat ja mahdolliset työnaikaiset liat ja värierot häviävät. Keskisyvä hiekkapuhallus paljastaa yksittäisiä suuria kivirakeita ja noin kahta millimetriä pienemmän kiviaineksen. Syvä hiekkapuhallus paljastaa suuret kivirakeet yhtenäisesti koko pinnalta. Pinnan värin ja näkövaikutelman määrää pääosin betonin runkoaine. Syväpuhalletussa pinnassa valuhuokokset eivät näy häiritsevästi. (BY40 2003, 62.)

Happopesu tehdään kovettuneelle ja vedellä kyllästetylle betonipinnalle kastamalla se happoaltaaseen ja huuhtelemalla pinta runsaalla vedellä. Happopesu poistaa pinnasta sementtikiveä ja hienoainesta ja se paljastaa karkeamman runkoaineksen haluttuun syvyyteen asti. Pesusyvyys on noin 0,5 mm, mutta myös matalampaa ja syvempää pesusyvyyttä käytetään. (BY40 2003, 66.)

Hiottu pinta saadaan hiomalla sileä, kovettunut betonipinta noin 3-4 mm syvyyteen asti, jolloin paljastuneet leikkauspinnat muodostavat mosaiikkipintamaisen vaikutelman. Hiottu pinnat ovat usein väribetonia ja pinnan väri muodostuu pääasiassa kiviaineksen väristä, sillä kiviainesrakeiden osuus pinnasta on noin 70-80 %. Hiottavan kiviaineksen teknisesti tärkeitä ominaisuuksia ovat hioutuvuus, kiillottoisuus, kovuus ja haponkestä-

vyys, joka sääräsituksessa vaikuttaa kiillotusasteen pysyvyyteen. (BY40 2003, 70.) Kuvassa 3 on erilaisia käsiteltyjä betonipintoja.



KUVA 3. Erilaisia käsiteltyjä betonipintoja (Betonipinnat).

Hakatut, murretut, lohkotut ja halkaistut pinnat valmistetaan joko kokonaan ”meislaamalla” tai niin, että esimerkiksi pintaan valetut harjat murretaan pois. Pinnan käsittelytapoja ovat muun muassa käsin tai koneellisesti hakatut ja ristipäähakatut pinnat. Hakattujen pintojen ulkonäköön vaikuttavat betonin runkoaines ja mahdolliset pigmentit. Betonin on oltava lujaa, jotta kivet eivät hakatessa irtoa vaan ne halkeavat. (BY40 2003, 74.)

#### 2.1.4 Pinnoitettavat betonipinnat

Betonipinta voidaan pinnoittaa maalaamalla, laatoittamalla tai muulla vastaavalla menetelmällä. Laattapinnat voidaan tehdä tiililaatta-, klinkkerilaatta-, luonnonkivi- tai betoni-laattapintoina. Kuvassa 4 on tiililaattapinta. Tässä työssä syvennyttään tarkemmin kuitenkin vain maalilla ja pinnoitteella pinnoitettaviin betonipintoihin.



KUVA 4. Tiililaattapinta (Betonipinnat).

Betonipinnan on oltava tartunnan saamiseksi riittävän karhea ja puhdas, sillä on tärkeää, että pinnoilla ei ole pinnoitteen tartuntaa heikentäviä aineita. Jos muottipinta ei ole sellaisenaan pinnoitteen alustaksi sopiva, voi pinnan esikäsitellä esimerkiksi vesipesulla, telauksella, happopesulla tai hiekkapuhalluksella. Telaus on maalaus-alustakäsittelynä haastava ja vaatii tekijöiltään ammattitaitoa, mutta hyvin tehty pinta on luja ja ehjä pinnoitus-alustaksi. Elementtivalmistajien valmiudet hiekkapuhallukseen vaihtelevat ja käsittelyyn tarvitaan ympäristölupa. (Betonielementtiparvekkeet 2010.) Ilman esikäsitelyä pinnoituskelpoisia pintoja ovat harjatut, hierretyt, töpötetyt, pestyt, hiekkapuhalletut ja hakatut pinnat (RT 82-10657 2000). Maaliksi käsitetään yleensä peittäviä, kerrospaksuudeltaan enintään 0,4 mm paksuisia pintakerroksia ja pinnoitteiksi kerrospaksuudeltaan yli 0,4 mm paksuisia pintakerroksia. (RT 82-10657 2000.) Kuvassa 5 on maalattu betonipinta.



KUVA 5. Maalattu betonipinta (Betonipinnat).

### 2.1.5 Väribetonipinnat

Väribetonilla tarkoitetaan pigmentein värjättyä betonia elementissä tai paikallavalettuna. Tavallisimmat väribetonin pigmentit ovat punainen, ruskea ja musta, kun taas harvemmin käytetyt pigmentit ovat valkoinen, keltainen, sininen ja vihreä (BY40 2003, 114). Pigmenttien tulee olla alkalisuuden ja UV-säteilyn kestäviä sekä soveltua betonivaluun. Tällaisia pigmenttejä ovat esimerkiksi luonnon mineraalipigmentit. Maavärit sopivat väribetoniin yleensä huonosti. Pinnasta saadaan tasavärisempi, kun sementtiliima poistetaan esimerkiksi hieno- tai happopesulla tai hiomalla. (RT 82-10657 2000.) Väribetonin pinta suositellaan myös impregnoitavaksi värihajonnan pienentämiseksi. Väribetonista voidaan tehdä joko luonnonmateriaalinomainen tai mosaiikkimainen pinta riippuen betonin runkoaineen ja sementtikiven värieroista. (BY40 2003, 114.) Kirkkaammat värisävyt saadaan käytettäessä valkosementtiä. Betonipinnan ja valumassan valmistuksessa rakeisuuden, vesimäärän ja tärytyksen vakiointi on tärkeää tasalaatuisuuteen pyrittäessä. (RT 82-10657 2000.) Kuvassa 6 on erisävyisiä väribetonipintoja.



KUVA 6. Erisävyisiä väribetonipintoja (Betonipinnat).

### 2.1.6 Muut betonipinnat

Betonipinnan käsittelymahdollisuuksia on lukemattomia, sillä betoni on materiaalina helposti muokattavaa. Muita betonipintoja ovat mm. kuvioitu betonipinta, lasi- ja tiilimurskepinta, Tadao Ando –pinta sekä rapattu betonipinta (Betonipinnat). Muista betonipinnoista erityisesti kuvioitu betonipinta on yleistymässä betonipinnan käsittelymenetelmänä. Kuvassa 7 on graafisesti kuvioitu pesubetonipinta Hämeenlinnan maakunta-arkistosta. Tässä työssä ei kuitenkaan perehdytä erilaisiin betonipintoihin tarkemmin.





KUVA 7. Graafista pesubetonipintaa Hämeenlinnan maakunta-arkistosta (Betonipinnat).

## 2.2 Julkisivun täydentävät osat

Julkisivu koostuu ulkoseinistä, ikkunoista, ulko-ovista, julkisivuvarusteista ja erityisistä julkisivurakenteista. Julkisivun ulkonäköön vaikuttavat merkittävästi myös ulkotasot. Julkisivun ulkotasioihin kuuluvat parvekkeet, katokset ja erityiset ulkotasot, kuten katto-terassit (RT 14-11016 2010). Tässä työssä keskitytään julkisivun ulkotasioihin ja tarkemmin betonielementtiparvekkeisiin.

### 2.2.1 Betonielementtiparvekkeet

Parvekkeiden suunnittelu jakautuu useammalle suunnittelun osa-alueelle, joissa jokaisella on oma tehtävä. Arkkitehti valitsee, suunnittelee ja merkitsee suunnitelmiinsa parveke-elementtien värin, pintamateriaalin ja -käsittelyn. Rakennesuunnittelija ilmoittaa pinnoitettavien elementtien osalta pinnoitusalueen laadun, esikäsittelyn sekä pinnoitteen nimen ja värin. Elementtisuunnittelija tarkistaa pinnoite- ja käsittelymerkinnät, sekä huolehtii, että kaikki tiedot merkitään elementtien tuotantopiirustuksiin. Pääsuunnittelijan tulee huolehtia, että suunnitelma-asiakirjoissa ei esiinny ristiriitaisuuksia. Pintojen määrittelyssä tulee käyttää julkaisun BY 40 2003 Betonirakenteiden pinnat antamia luokituksia laatumäärityksineen. Parvekkeen rakennusosat, vedenpoistojärjestelmän, koon ja muodon sekä käytettävän parvekejärjestelmän valitsee rakennussuunnittelija. (Betonielementtiparvekkeet 2010.)

Parveke-elementtejä suunniteltaessa on otettava huomioon valmistusmenetelmät ja etenkin kiinnitystavat ja -osat. Valmistusmenetelmän ja rakenneratkaisun riippuvuus korostuu erityisesti parvekelaatan ja betonikaiteen osalta. Suunnittelussa on myös hyvä pyrkiä mahdollisimman pitkiin tuotantosarjoihin. (Betonielementtiparvekkeet 2010.) Parvekkeen rakenteet suunnitellaan kestäväksi käytöstä aiheutuvat mekaaniset rasitukset ja ilmastolliset rasitukset. Parvekkeet tulee suunnitella siten, että valmiin rakenteen sekä pintakäsittelyn mittatarkkuusluokat ja laatuvaatimukset ovat kyseisen työosaluvun mukaiset. (RT 14-11016 2010.) Betoniparvekkeet suunnitellaan normaalisti 50 vuoden käyttöiälle. Betoninormien periaatteena on, että suunnittelija määrittelee rasitusluokan sekä suunnittelukäyttöiän. Valmistajan vastuulla on valmistaa betonirakenne niin, että tavoitettavat vaatimukset täyttyvät. (Betonielementtiparvekkeet 2010.)

Useimmiten parveke on normaalilla harmaalla betonilla valettu parvekelaatta. Parvekelaatan valmistustekniikasta johtuen laatan yläpinta on useimmiten muottipinta. Teräs- ja vanerimuottia käytettäessä saadaan laatan yläpinnasta sileä ja tasainen betonipinta. Parvekelaatan pintakäsittelyksi suositellaan hienopesua tai erillistä pinnoitusta. Parvekelaatan yläpinta voidaan käsitellä esimerkiksi epoksi-, akryyli- tai polyuretaanipohjaisilla maaleilla tai -pinnoitteilla. Laatan alapintaan valitaan telaus, harjaus tai teräshierto. Parvekelaatan alapinta jätetään joko kokonaan pinnoittamatta, tai käytetään epäorgaanisia, sementtipohjaisia pinnoitteita tai -maaleja, jotka päästävät hyvin läpi kosteutta. (Betonielementtiparvekkeet 2010.)

Parvekelaatan pintakerroksen tulee olla pakkasen ja kulutuksen kestävä aine, eikä se saa olla märkänäkään liukas. Parveketason betonipinta muodostaa tavallisessa käytössä riittävän kulutuspinnan, joka voidaan tehdä esimerkiksi pesubetonista, hiekkapuhalletusta tai teräshierretystä betonista. (RT 86-10563 1995.) Parvekelaatan yläpinnan hienopesun karheus riippuu käytettävästä runkoaineen raakoista ja -muodosta. Parvekelaatan hienopesu on usein karkeampi kuin julkisivupinnoissa totuttu hienopesu. (Betonielementtiparvekkeet 2010.)

### **3 BETONIPINTOJEN LAATU**

#### **3.1 Betonipintojen laatuvaatimukset**

Betonipintojen laatuoluokituksena noudatetaan Suomen Betoniyhdistyksen julkaisun BY40 2003 Betonirakenteiden pinnat laatuoluokitusta ja siihen liittyviä mittausmenetelmiä. Vaakamuottia vasten betonoitavien elementtien yläpinta voidaan käsitellä julkaisun BY40 esittämällä menetelmillä. (RT 14-11016 2010.)

Betonipintojen laatuvaatimukset täytetään julkaisun BY40 laatuohjeiden mukaan. Ohjeita voidaan käyttää uusiin ja vanhoihin betonipintoihin myös pinnoittamisen yhteydessä. Ohjeita sovellettaessa on otettava huomioon pinnan tarkasteluetäisyys. (BY40 2003, 8.)

##### **3.1.1 Muottia vasten valetut pinnat**

Elementtipintojen laatu on määritelty julkaisussa BY40. Julkaisussa elementtipinnat on jaettu neljään laatuoluokkaan: AA, A, B ja C, joista C on huonoin laatuoluokka. Luokan C betonipinta tulee yleensä vain peitettäviin rakenneosiin. Muottia vasten valetut betonipinnat on luokiteltu useampiin laatutekijöihin. (BY40 2003, 32) Laatutekijät ja sallitut raja-arvot eri laatuoluokissa on esitetty taulukossa 1.

Nystermien, syvennysten, valupurseiden tai -haavojen, huokosten ja valuvikojen vaatimuksissa arvioidaan virheen koko ja virheiden määrä neliötä kohden. Hammastuksissa arvioidaan hammastuksen korkeus. Pinnan käyrydessä ja aaltoilussa arvioidaan suurin mittapoikkeama millimetreinä puoltatoista metriä kohti. (BY40 2003, 34)

TAULUKKO 1. Muottia vasten valettujen elementtien laatuvaatimukset (BY40 2003, 34)

Laatutekijät		Vaatimukset			
		Luokka AA	Luokka A	Luokka B	Luokka C
Nystermä					
-suurin korkeus	mm	1	3	6	6
-suurin leveys	mm	2	9	20	20
-suurin määrä	kpl/m <sup>2</sup>	10	20	40	40
Syvennys					
-suurin syvyys	mm	2	4	7	7
-suurin leveys	mm	4	9	15	15
-suurin määrä	kpl/m <sup>2</sup>	10	20	40	40
Hammastus	mm	0,5	2	5	5
Valupurse tai valuhaava muottisauman kohdalla					
-suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4	4
-suurin leveys	mm	2	3	6	6
-suurin määrä	% *	5	20	30	30
Vaakasuorassa valettujen pintojen huokokset, Ø≥ 2mm				Ø≥5mm	Ø≥5mm
-suurin läpimitta ja syvyys	mm	5	8	10	10
-suurin kokonaismäärä	kpl/m <sup>2</sup>	20	40	80	160
Pystysuorassa valettujen pintojen huokokset, Ø≥ 2mm				Ø≥5mm	Ø≥5mm
-suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	10	12	12
-suurin kokonaismäärä	kpl/m <sup>2</sup>	40	60	100	200
Vaakasuorassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)					
-suurin koko	m <sup>2</sup>	ei sallita	0,1	0,3	0,6
-suurin määrä	kpl/100m <sup>2</sup>	ei sallita	1	2	4
Pystysuorassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)					
-suurin koko	m <sup>2</sup>	ei sallita	0,2	0,3	0,6
-suurin määrä	kpl/100m <sup>2</sup>	ei sallita	2	2	4
Pinnan käyryys ja aaltoilu					
-suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	2	5	8	8
Uran tai ulkoneman hammastus jatkokohdassa	mm	1	1	-	-
Uran tai ulkoneman käyryys ja aaltoilu					
-suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	1,5	2	-	-
Väri vaihtelu					
-harmaat pinnat	luokat	A	B	-	-
-valkobetonipinnat		AA	A	-	-
-muut väribetonipinnat		A	B	-	-

\*% muottisaumojen pituudesta (koskee myös korjattua saumaa)

### 3.1.2 Tuoreena käsitellyt betonipinnat

Tuoreena käsitellyjä betonipintoja ovat hierrettyt, telatut, töpötetyt, pestyt, harjatut ja ruiskubetonoidut pinnat. Telattujen ja töpötettyjen betonipintojen laatuvaatimuksina voidaan käyttää hierrettyjen betonipintojen laatuvaatimuksia, sillä ne vastaavat karkeudeltaan sienihierrettyä betonipintaa. Luokitustaulukoissa esitetyt laatuvaatimukset koskevat tarkasteltavaa pintaa, joksi valitaan yleensä yhdellä kerralla valettu osa, esimerkiksi elementti. (BY40 2003, 44, 46.)

Hierrettyjen betonipintojen laatutekijöitä ovat nystemät, syvennykset, valuhuokokset, työvälineen jälki sekä väri vaihtelut. Hiertämisellä pyritään saamaan tasainen lopputulos työväline huomioon ottaen. Jos hiertämällä on tarkoitus saada aikaan toistuva kuvio, siitä on tehtävä malli, jota pyritään toistamaan. Hierrettyt pinnat voidaan jakaa kolmeen osaan: sienihierrettyyn, teräshierrettyyn ja puuhierrettyyn. (BY40 2003, 46.) Hierrettyjen pintojen laatuvaatimukset on esitettyinä luokitustaulukkona kuvassa 8.

Laatutekijät		Vaatimukset					
		Sienihierretty, telattu tai töp. (SHI, TEL, TÖP)		Teräshierretty (THI)		Puuhierretty (PHI)	
		AA-lk	A-lk	AA-lk	A-lk	AA-lk	A-lk
Nystermä	suurin korkeus	2		3		4	
	suurin leveys	4		4		8	
Syvennys	suurin syvyys	2		3		4	
	suurin leveys	4		4		8	
Työvälineen jälki	hammastus <sup>1)</sup>	1		2		2	
Huokokset	suurin läpimitta	2...3		3...4		3...5	
	suurin kokonaismäärä	3		4		5	
		10		25		50	
Pinnan käyryys ja aaltoilu	suurin mittapoikkeama	3	5	4	6	4	7
Väri vaihtelu	harmaat pinnat	B	C	B	C	B	C
	valkobetonipinnat	A	B	A	B	A	B
	muut väribetonipinnat	B	C	B	C	B	C

<sup>1)</sup> tai malliin mukaisesti.

KUVA 8. Hierrettyjen pintojen laatuvaatimukset (BY40 2003, 46).

Pesubetonipinnan laatutekijöitä ovat pesusyvyyden suurin sallittu vaihteluväli, ylipeseytyminen, vajaa peseytyminen, huokoset, pinnan käyryys ja aaltoilu, pesuraja kuvioituissa pinnoissa sekä väri vaihtelu. Pesubetonipinnasta on suositeltaavaa tehdä malli laatutekijöiden vaihteluvälien ja -määrien sopimiseksi. (BY40 2003, 48.) Laatuvaatimukset on esitetty luokitustaulukkona kuvassa 9.

Laatutekijät		Vaatimukset			
		Hienopesty pinta (PESH) pesusyvyys alle 2 mm		Pesty pinta (PES) pesusyvyys yli 2 mm	
		AA-lk	A-lk	AA-lk	A-lk
Pesusyvyyden suurin sallittu vaihteluväli	mm	0...2	0...4	1...4	1...7
Ylipeseytyminen <sup>1) 2)</sup>	dm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0,5	0,8	1	1,5
	kp/10 m <sup>2</sup>	1	4	1	4
Vajaa peseytyminen <sup>2) 3)</sup>	dm <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0,5	1	1	1,5
	kp/10 m <sup>2</sup>	1	2	1	2
Huokoset, Ø ≥ 3 mm suurin läpimitta <sup>4)</sup> suurin kokonaismäärä <sup>5)</sup>	mm	5	8	–	–
	kp/m <sup>2</sup>	60	80	–	–
Pinnan käyryys ja aaltoilu suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3	5	3	5
Pesuraja kuvioituissa pinnoissa	mm	0,5 <sup>5)</sup>	1 <sup>5)</sup>	–	–
Väri vaihtelu kaikki pinnat	luokat (kohta 10)	AA <sup>6)</sup> A	B	AA <sup>6)</sup> A	B

<sup>1)</sup> Pesusyvyys ylittää normaalin vaihteluvälin, kuitenkin niin, ettei iso kiviaines irtoa.

<sup>2)</sup> Kääntyvissä pielissä ja vastaavissa paikoissa sallitaan kaksinkertaiset arvot.

<sup>3)</sup> Pesusyvyys alittaa normaalin vaihteluvälin siten, että pinnan ilme muuttuu.

<sup>4)</sup> Kääntyvissä pielissä ja vastaavissa paikoissa sallitaan 1,5 kertaiset arvot.

<sup>5)</sup> Tai korkeintaan pesusyvyys jos se on suurempi

<sup>6)</sup> Luokkaa AA sovelletaan vain silloin, kun värillisen kiviaineksen kanssa käytetään samansävyistä sidebetonia ja pinnan väri saadaan pääasiassa aikaan kiviaineksella.

KUVA 9. Pesubetonipintojen laatuvaatimukset (BY40 2003, 54).

Harjatun betonipinnan laatuvaatimuksia ovat mm. harjausurien yhdensuuntaisuus ja syvyysvaihtelu, pinnan käyryys ja aaltoilu sekä väri vaihtelu. Harjausurien syvyydestä on hyvä sopia erikseen esimerkiksi pintamallin avulla. (BY40 2003, 58.) Laatuvaatimukset harjatulle pinnalle on esitetty lautuaukkona kuvassa 10.

Luokitustaulukko HAR / Harjatut pinnat.

Vaatimukset koskevat tarkasteltavaa pintaa, joksi valitaan yleensä yhdellä kerralla valettu osa, esimerkiksi elementti.

Laatutekijät		Vaatimukset	
		Luokka AA	Luokka A
Harjausurien yhdensuuntaisuus suurin mittapoikkeama yleislinjasta <sup>11</sup>	mm/1,5 m	5	10
Harjausurien syvyysvaihtelu <sup>11</sup>	mm	2	3
Pinnan käyryys ja aaltoilu suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	5	7
Väri vaihtelu kaikki pinnat	luokat (kohta 10)	B	B

<sup>11</sup> Harjattavasta tasosta ulkonevien osien ympärillä 200 mm alueella sekä kääntyvissä pielissä ja vastaavissa kohdissa sallitaan kaksinkertaiset arvot.

Harjausurien syvyydestä on sovittava erikseen, valinta tehdään esimerkiksi pintamallin avulla.

KUVA 10. Harjattujen pintojen laatuvaatimukset (BY40 2003, 58).

### 3.1.3 Kovettuneena käsitellyt betonipinnat

Kovettuneena käsitellyjä pintoja ovat hiekkapuhalletut, happopestyt, hiotut sekä haka-  
tut, murretut, lohkotut ja halkaistut pinnat. Luokitustaulukoissa esitetyt laatuvaatimukset  
koskevat tarkasteltavaa pintaa, joksi valitaan yleensä yhdellä kerralla valettu osa, esi-  
merkiksi elementti.

Hiekkapuhalletut pinnat jaetaan kolmeen ryhmään: matalaan, keskisyvään ja syvään  
hiekkapuhallukseen, joista kaikki jaetaan vielä kahteen luokkaan. Hiekkapuhallettujen  
pintojen laatutekijöitä ovat nystemät, syvennykset, hammastukset, huokokset, pinnan  
käyryys ja aaltoilu sekä väri vaihtelut. (BY40 2003, 62, 64. ) Laatuvaatimukset hiekk-  
puhalletuille pinnoille on esitetty luokitustaulukkona kuvassa 11.



Luokitustaulukko HIP / Hiekkapuhalletut pinnat.  
 Vaatimukset koskevat tarkasteltavaa pintaa, joksi valitaan yleensä yhdellä kertaa valettu pinta, esimerkiksi yksi elementti.

Laatutekijät		Vaatimukset						
		Matala puhallus (M)		Keskisyvä puhallus (K)		Syvä puhallus (S)		
		AA-lk	A-lk	AA-lk	A-lk	AA-lk	A-lk	
Nystermä	suurin korkeus	mm	1	3	2	5	3	5
	suurin leveys	mm	3	10	5	15	6	15
Syvennys	suurin syvyys	mm	2	6	4	10	6	10
	suurin leveys	mm	5	10	10	20	12	20
Hammastus		mm	1	3	2	3	3	4
Huokoset, $\varnothing \geq 3 \text{ mm}$ <sup>1)</sup>	suurin läpimitta	mm	5	8	5	8	–	–
	suurin kokonaismäärä	kpl/m <sup>2</sup>	80	100	80	100	–	–
Pinnan käyryys ja aaltoilu	suurin mittapoikkeama	mm/1,5m	3	5	4	6	5	7
Väri vaihtelu	kaikki pinnat	luokat (kohta 10)	A <sup>2)</sup> B	A <sup>2)</sup> B	A <sup>2)</sup> B	A <sup>2)</sup> B	A <sup>2)</sup> B	A <sup>2)</sup> B

<sup>1)</sup> Kääntyvissä pielissä ja vastaavissa paikoissa huokosille ( $\varnothing \geq 3 \text{ mm}$ ) sallitaan 50 % suuremmat halkaisijat ja kaksinkertainen määrä.  
<sup>2)</sup> Luokkaa A sovelletaan vain silloin, kun värillisen kiviaineksen kanssa käytetään samansävyistä sidebetonia ja pinnan väri saadaan pääasiassa aikaan kiviaineksella.

KUVA 11. Hiekkapuhallettujen pintojen laatuvaatimukset (BY40 2003, 64).

Happopestyjen pintojen laatutekijöitä ovat nystermät, syvennykset, valupurseet, huokoset, pesusyvyiden vaihteluväli, pinnan käyryys ja aaltoilu sekä väri vaihtelut (BY40 2003, 68). Laatuvaatimukset happopestyille pinnoille on esitetty kuvassa 12.

Luokitustaulukko HAP / Happopestyt pinnat.  
Vaatimukset koskevat kerralla happopestyä pintaa tai pinnan osaa.

Laatutekijät		Vaatimukset	
		Luokka AA	
Nystermä	suurin korkeus	mm	1
	suurin leveys	mm	2
Syvennys	suurin syvyys	mm	2
	suurin leveys	mm	4
Valupurse	suurin syvyys	mm	1
	suurin leveys	mm	2
Huokokset, $\varnothing \geq 2$ mm <sup>1)</sup>	suurin läpimitta	mm	5
	suurin kokonaismäärä (2...5 mm)	kpl/m <sup>2</sup>	30
Pesusyvyyden vaihteluväli <sup>2)</sup>		%	20
Pinnan käyryys ja aaltoilu	suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3
Väri vaihtelu	kaikki pinnat	luokka (kohta IO)	AA <sup>3)</sup> A

<sup>1)</sup> Kääntyvissä pielissä ja vastaavissa paikoissa suurin läpimitta saa olla 6 mm ja kokonaismäärä (3...6 mm) 100 kpl/m<sup>2</sup>.

<sup>2)</sup> Arvostellaan yleensä silmämääräisesti malli kappaleiden avulla (pesusyvyys on tyyppillisesti n. 0,5 mm).

<sup>3)</sup> Luokkaa AA sovelletaan vain silloin, kun värillisen kivi aineksen kanssa käytetään samansävyistä sidebetonia ja pinnan väri saadaan pääasiassa aikaan kiviaineksella.

KUVA 12. Happepestyjen pintojen laatuvaatimukset (BY40 2003, 68).

Hiotut pinnat jaetaan kolmeen luokkaan kiillotusasteen mukaan: matta, kiiltävä ja heijastavan kiiltävä pinta. Pinnan kiillotusaste valitaan pintamallin avulla. Hiotun pinnan laatutekijöitä ovat syvennykset, hammastukset, huokokset, pinnan käyryys ja aaltoilu sekä väri vaihtelu. Jos hiotun pinnan huokokset halutaan täyttää, se tulee mainita suunnitelmassa. Väri vaihteluvaatimuksena voidaan soveltaa AA -luokkaa vain silloin, kun pinnan väri saadaan pääasiassa aikaan kiviaineksella ja värillisen kiviaineksen kanssa käytetään samansävyistä sidebetonia. (BY40 2003, 72.) Laatuvaatimukset hiotuille pinnoille on esitetty kuvassa 13.

Luokitustaulukko H10 / Hiottut pinnat.

Laatutekijät		Vaatimukset
Syvennys		
suurin syvyys	mm	2
suurin leveys	mm	5
Hammastus	mm	1
Huokokset, $\varnothing \geq 3$ mm <sup>1)</sup>		
suurin läpimitta	mm	5
suurin kokonaismäärä	kpl/m <sup>2</sup>	80
Pinnan käyryys ja aaltoilu		
suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3
Väri vaihtelu		
kaikki pinnat	luokka (kohta 10)	AA <sup>2)</sup> A

<sup>1)</sup> Kääntyvissä pielissä ja vastaavissa paikoissa huokosille ( $\varnothing \geq 3$  mm) sallitaan 50 % suuremmat halkaisijat ja kaksinkertainen määrä.

<sup>2)</sup> Luokkaa AA sovelletaan vain silloin, kun värillisen kiviaineksen kanssa käytetään samansävyistä sidebetonia ja pinnan väri saadaan pääasiassa aikaan kiviaineksella.

KUVA 13. Hiottujen pintojen laatuvaatimukset (BY40 2003, 72).

Hakattujen, murrettujen, lohkottujen ja halkaistujen betonipintojen laatuvaatimuksia ovat oikea ulkonäkö, väri vaihtelu sekä pinnan käyryys ja aaltoilu. Halutunlainen pinta määritellään pintamalleilla, joita käytetään työnaikaisena vertailukohteena. (BY40 2003, 74.)

### 3.1.4 Pinnoitettavat betonipinnat

Betonipinta voidaan pinnoittaa maalaamalla, laatoittamalla tai muulla vastaavalla menetelmällä. Tässä työssä käsitellään vain maalilla ja pinnoitteella pinnoitettavia betonipintoja. Pinnoitettujen betonipintojen laatuvaatimukset on määrätty valmiille pinnoitetulle pinnalle, käytettävälle pinnoitteelle sekä pinnoitusalustalle.

Pinnoitettavalle pinnalle tehdään pintamalli, joka asettaa laatuvaatimukset. Valmiin pinnoitetun ulkobetonirakenteen pinnan laatuvaatimuksia ovat mm. pinnan oikea ulkonäkö, väri, värin tasaisuus, kiilto ja peittävyys sekä pinnoiteyhdistelmän tartunta. (BY40 2003, 81.) Kuvassa 14 on esitetty valmiin pinnoitetun pinnan laatuvaatimukset ja todentamismenetelmät.

Taulukko 6.1. Valmiin pinnoitetun ulkobetonirakenteen pinnan laatuvaatimukset.

Ominaisuus ja vaatimus	Todentaminen
Pinnan ulkonäkö mallipinnan mukainen	Silmämääräinen tarkastus
Väri, värin tasaisuus, kiilto ja peittävyys suunnitelman mukainen	Silmämääräinen tarkastus
Pinnoiteyhdistelmän tartunta, kun pinnoiteyhdistelmän paksuus $\geq 0,4$ mm: - keskiarvon on oltava $\geq 0,8$ N/mm <sup>2</sup> ja yksittäisen koetuloksen on oltava $\geq 0,5$ N/mm <sup>2</sup> - mikäli pinnoiteyhdistelmän sisäinen koheesio peittää, sisäinen vetolujuus on oltava $\geq 0,2$ N/mm <sup>2</sup>	Tartuntamittaus, 6 kpl (SFS 5446), laitteella, jolla on enintään vuoden vanha kalibrointitodistus - Ø 20 mm, kuormitusnopeus 0,02 N/mm <sup>2</sup> /s, kun pinnoiteyhdistelmä ei sisällä tasoitetta, - Ø 50 mm, kuormitusnopeus 0,05 N/mm <sup>2</sup> /s, kun pinnoiteyhdistelmä sisältää tasoitteen
Pinnoiteyhdistelmän kerrosten paksuus ja tasaisuus suunnitelman tai tuotevalmistajan ohjeen mukainen	Paksuus- ja tasaisuusmittaus
Valmiissa pinnassa ei saa olla: - alustaan ulottuvia huokosia (ei koske lasuurikäsitteilyä) - hyväksytyä vertailupintaa enempää väri vaihtelua ja halkeamia	Tarkastus 5 x suurentavalla suurennuslasilla

KUVA 14. Pinnoitetun pinnan laatuvaatimukset ja todentamismenetelmät (BY40 2003, 81).

Ulkobetonirakenteiden pinnoitteen ja pinnoiteyhdistelmän (siloitteen tai tasoitteen, pohjusteen ja pinnoitteen yhdistelmän) laatuvaatimukset ja todentamismenetelmät on esitetty kuvan 15 taulukossa.

### 6.2.3 PINNOITTEEN JA PINNOITEYHDISTELMÄN LAATUVAATIMUKSET

Taulukko 6.2 Ulkobetonirakenteiden pinnoitteen tai pinnoiteyhdistelmän (silotteen tai tasoitteen, pohjusteen ja pinnoitteen yhdistelmän) laatuvaatimukset.

Ominaisuus ja vaatimus	Todentaminen
<p><b>Pinnoitteen UV-säteilyn kestävyys</b></p> <p>Pinnoiteyhdistelmän jäädytys-sulatuskestävyys:            - Pinnoiteyhdistelmään saa muodostua korkeintaan vähäisiä vaurioita jäädytys-sulatuskokeessa            - Pinnoiteyhdistelmä ei saa lisätä betonin vaurioitumista jäädytys-sulatuskokeessa            - Kokeen jälkeen pinnoiteyhdistelmän tartunnan keskiarvon on oltava <math>\geq 0,8 \text{ N/mm}^2</math> ja yksittäisten koetulosten on oltava <math>\geq 0,5 \text{ N/mm}^2</math>, kun pinnoiteyhdistelmän paksuus <math>\geq 0,4 \text{ mm}</math>.            - Mikäli pinnoiteyhdistelmän sisäinen koheesio peittää, sisäinen vetolujuus on oltava <math>\geq 0,2 \text{ N/mm}^2</math>, kun pinnoitepaksuus <math>\geq 0,4 \text{ mm}</math>.</p> <p>Pinnoiteyhdistelmän vedenkestävyys, ei kuplimista, ei pehmenemistä kokeessa</p> <p>Karbonatisoitumattomassa rakenteessa: Pinnoiteyhdistelmän alimman kerroksen emäksisyydenkestävyys, ei kuplimista, ei pehmenemistä kokeessa</p> <p>Pinnoiteyhdistelmän tartunta, kun pinnoiteyhdistelmän paksuus <math>\geq 0,4 \text{ mm}</math>:            - Keskiarvon on oltava <math>\geq 0,8 \text{ N/mm}^2</math> ja yksittäisen koetuloksen on oltava <math>\geq 0,5 \text{ N/mm}^2</math>            - mikäli pinnoiteyhdistelmän sisäinen koheesio peittää, sisäinen vetolujuus on oltava <math>\geq 0,2 \text{ N/mm}^2</math></p> <p>Veden- ja vesihöyrynläpäisevyyskokeessa: Pinnoiteyhdistelmä pienentää pinnan vedenimua vähintään 40 % ja haihtuneen vesimäärän suhde imeytyneeseen vesimäärään on vähintään 60 % pinnoittamattoman kappaleen vastaavasta suhteesta tai            Pinnoitetun koekappaleen haihtuneen vesimäärän suhde imeytyneeseen vesimäärään on vähintään 100 % pinnoittamattoman kappaleen vastaavasta suhteesta.</p> <p>Kun rakenteessa on ajan mukana leveydeltään vaihtelevia halkeamia, halkeamansilloituskyky: <math>I_T</math></p>	<p>SFS-EN ISO 11 507</p> <p>Uudisrakennuksessa:            - TALPI:n jäädytys-sulatuskoe <sup>1)</sup>            - 100 kierrosta (SFS 5447)            - karbonatisoimattomilla koekappaleilla</p> <p>Karbonatisoituneessa rakenteessa:            - TALPI:n jäädytys-sulatuskoe <sup>1)</sup>            - 100 kierrosta (SFS 5447)            - karbonatisoiduin kappalein</p> <p>TALPI:n tartuntalujuuskoe (SFS-EN 1542), 6 kpl <sup>1)</sup></p> <p>TALPI:n jäädytys-sulatuskokeen rinnakkaiskappaleet vedessä jäädytys-sulatuskokeen ajan <sup>1)</sup>            TALPI:n alkalinkestävyyskoe <sup>1)</sup></p> <p>TALPI:n tartuntalujuuskoe (SFS-EN 1542), 6kpl <sup>1)</sup></p> <p>TALPI:n veden- ja vesihöyrynläpäisevyyskoe <sup>1)</sup></p> <p>TALPI:n veden- ja vesihöyrynläpäisevyyskoe <sup>1)</sup></p> <p>Kohta 2.5.4.1.2.1.3 <sup>2)</sup></p>

<sup>1)</sup> TALPI on Betonijulkisivujen pinnoitteiden ja töherrystenestoaaineiden koeohjelma, joka on esitetty liitteessä 5.

<sup>2)</sup> Deutscher Ausschuss für Stahlbeton. Teil 4: Qualitätssicherung der Bauprodukte. Richtlinie für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen. Berlin 1992, Beuth Verlag GmbH. 63 s.

KUVA 15. Pinnoitteen ja pinnoiteyhdistelmän laatuvaatimukset (BY40 2003, 82).

Pinnoitusalan laatuvaatimuksia on useita. Pinnoitettavassa pinnassa ei saa olla jälkihoitoaineita, ellei ole tehty selvityksiä aineen yhteensopivuuden pinnoitteen kanssa. Pinnoitettavan pinnan tulee olla riittävän karkea, puhdas, ehjä, tasalaatuinen ja luja. Karkeusvaatimus riippuu käytettävästä pinnoitteesta ja tavoiteltavasta pinnan karheudesta. Pinnoitevalmistajat ilmoittavat tuotekohtaiset karkeusvaatimukset pinnalle. Jotkut pinnat pitää käsitellä ennen pinnoittamista. Esikäsitelymenetelmiä ovat mm. hienopesu, hiekkapuhallus, hakkaus, happokäsittely, korkeapainepesu, kuivalaikkaus sekä märkä-

laikkaus. Kovettuneen betonipinnan käsittely edellä mainituilla menetelmillä paljastaa pintaan avautuvia huokosia. Tällaisilla pinnoilla ohut pinnoite voi jättää reikiä pintaan. Ulkopinnoissa reiät heikentävät säilyvyyttä ja ovat ulkonäköhaitta. Pinnoitteen reikäisyys voidaan ehkäistä silottamalla tai tasottamalla pinta ennen pinnoitusta. Myös pinnoitteen levitysmenetelmä vaikuttaa pinnoitteen reikäisyyteen. (BY40 2003, 83.) Kuvassa 16 on ilmoitettu ilman esikäsitteilyä pinnoituskelpoiset sekä esikäsitteilyn vaativat pinnoitusalueet.

Luokitustaulukko PIN / Ulkona olevat tartunnan kannalta ilman esikäsitteilyä pinnoituskelpoiset sekä ennen pinnoitusta esikäsiteltävät ulkobetonipinnat.  
Muiden pintakoodien selitykset esitetään omissa kohdissaan. PIN-PESH ja PIN-HIP määritellään tämän kohdan taulukoissa.

Ilman esikäsitteilyä pinnoituskelpoiset pinnat	Esikäsitteilyn ennen pinnoitusta vaativat pinnat
Harjatut pinnat (HAR) – suositeltavin hienoharjaus	Muottia vasten valetut pinnat (MUO, MUK, LV, LVS)
Sieni- tai puuhierretyt tai töpötetyt pinnat (SHI, PHI, TÖP)	Teräshierretyt pinnat (THI)
Pesubetonipinnat (PIN-PESH) <sup>1)</sup>	
Hiekkapuhalletut pinnat (PIN-HIP) <sup>1)</sup>	Telatut pinnat (TEL)
Hakatut pinnat (HAK)	
Happopestyt (HAP) ja peitatut pinnat <sup>1)</sup>	

<sup>1)</sup> Edellyttävät yleensä silotteen tai tasoitteen käyttöä pinnoitteen alla pinnoitteen reikäisyyden ehkäisemiseksi.

KUVA 16. Pinnoitusalueet (BY40 2003, 84).

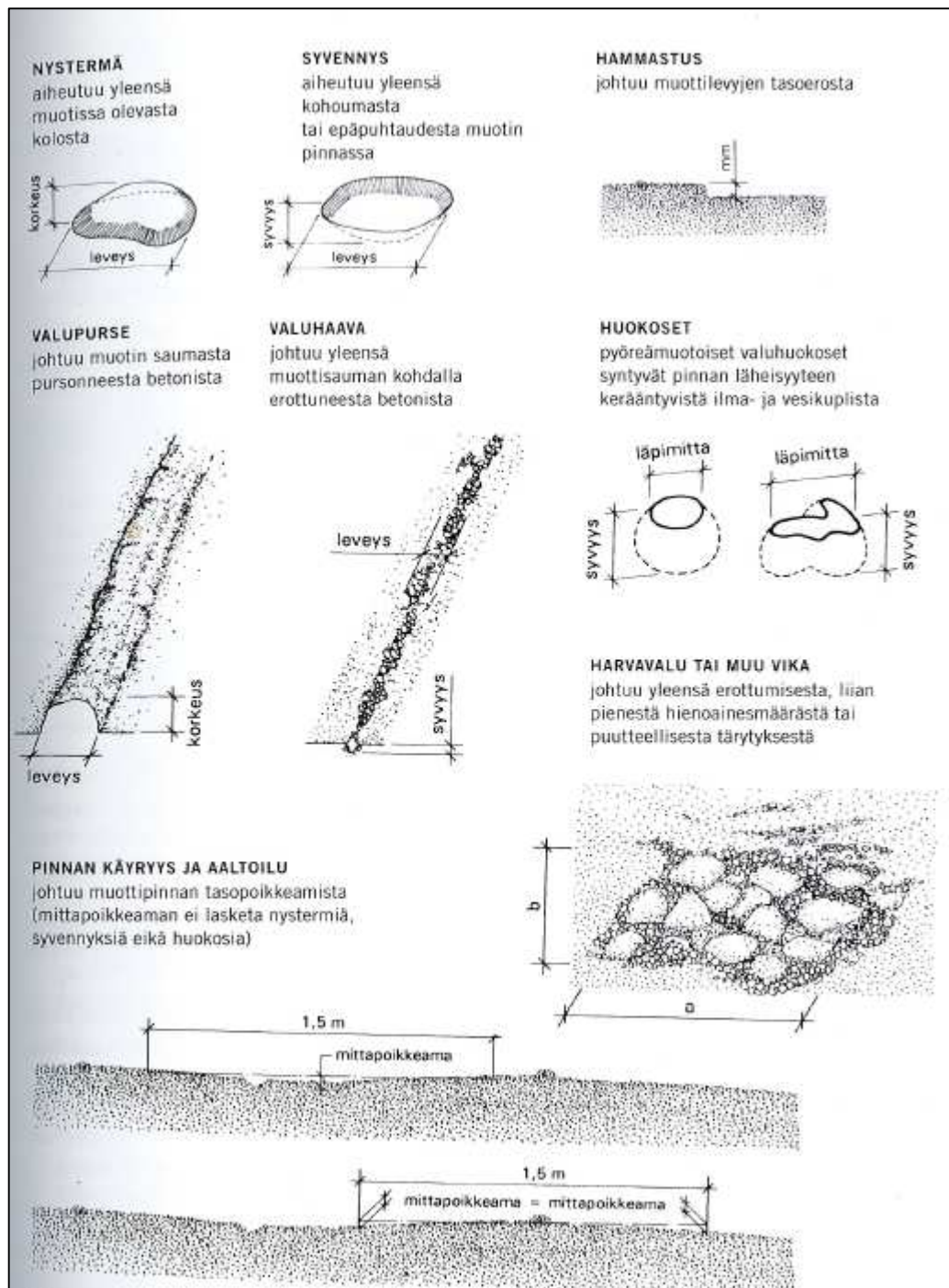
### 3.1.5 Laatuvaatimusten käyttö

Rakentamisen yleiset laatuvaatimukset, eli RYL on rakennusalan yhdessä sopima hyvä rakennus- ja kiinteistönpitotavan kirjallinen kuvaus, joka määrittää työn lopputuloksen teknisen laadun. RYL toimii hyvän rakennus- ja kiinteistöntavon määrittäjänä silloinkin, kun osapuolet ovat siitä eri mieltä. (Rakennustieto). RYL:n julkaisussa RunkoRYL 2010 määritellään betonipintojen vaatimukset julkaisun BY 40 mukaan. Betonipintojen

laatuvaatimukset on määritelty Suomen Betoniyhdistyksen julkaisussa BY40 2003 Betonirakenteiden pinnat. Betoniyhdistyksen julkaisun laatuohjeita käytetään koko elementin valmistusprosessin ajan. Suunnittelija määrittelee julkisivussa käytettävän betonipinnan ja määrittää sille laatuokan julkaisun BY40 mukaan. Työselityksissä suunnittelija määrittelee mm. käytetyn elementin rakenteen ja pintojen käsittelymenetelmän.

Valmistuksessa julkaisua BY40 käytetään betonipintojen laatuohjeena. Valmistajat toteuttavat tuotteet BY40:ssä ja suunnitelmissa määriteltyjen laatuvaatimusten mukaan. (Toivonen 2013).

Valmiita pintoja tarkasteltaessa käytetään myös apuna julkaisua BY40. Valmiiden betonielementtien pintoja tarkasteltaessa tulee ottaa huomioon pinnan tarkasteluetäisyys. Esimerkiksi vaativinta AA-luokkaa suositellaan käytettäväksi vain silloin, kun katsetäisyys on enintään 5m (BY40 2003, 8). Pinnasta etsitään mahdollisia virheitä, arvioidaan virheiden määrät ja verrataan laatuvaatimuksissa esitettyihin sallittuihin määriin. Kuvassa 17 on havainnollistettu laatuvaatimuksissa esitetyt yleisimmät virheet, joita pinnoissa tarkastellaan.



KUVA 17. Betonipinnan laatutekijöitä (BY40 2003, 35).

Väri vaihtelun toteaminen ja mittaaminen tarkasti on monimutkaisempaa kuin silmämääräisesti tarkastelu. Tarkan väri vaihtelun tutkimiseen voidaan käyttää CIELAB-järjestelmää, jossa voidaan esittää kaikki mahdolliset värit Lab-koordinaatistossa. Kyseinen menetelmä toteutetaan mittaria apuna käyttäen ja tulokseksi saadaan joko kahden mitatun pinnan tai mitatun pinnan ja tunnetun värin välinen kokonaisväriero. (BY 40 2003, 120,122.) CIELAB-järjestelmään perehtyminen tarkemmin vaatii kuitenkin lisä-



tutkimuksia. Kuvassa 18 on esitetty menetelmästä saatavien kokonaisvärierojen sallitut määrät elementtipintojen osalta.

Kokonaisväriero $\Delta E$ Elementtipinnat	Vaatimukset <sup>1)</sup>			
	Luokka AA	Luokka A	Luokka B	Luokka C
Tarkasteltavan pinnan sisällä	1,0	1,5	2,5	3,5
Tarkasteltavan pinnan ja vertailuväriin välillä	1,5	2,0	3,0	4,0

<sup>1)</sup> Kääntyvissä pielissä sallitaan 0,5 suurempi väriero.

KUVA 18. CIELAB-järjestelmällä saatujen kokonaisvärierojen sallitut määrät (BY40 2003, 124).

### 3.2 Laatuun vaikuttavat tekijät

Elementtien laatuun vaikuttavat tekijät voidaan jakaa kolmeen osatekijään. Näitä ovat materiaalit, välineet ja ihmiset. Materiaaleilla tarkoitetaan betonin valmistamisessa käytettäviä aineita; sementtiä, kiviainesta, vettä ja mahdollisia lisäaineita. Välineillä tarkoitetaan muotteja ja laitteistoja. Ihmisten vaikutus laatuun näkyy siinä, kuinka huolellisesti ja ammattitaidolla julkisivuelementtien pintoja tehdään. (Toivonen 2013) Laatuun vaikutetaan myös varastoinnin ja asentamisen aikana.

#### 3.2.1 Elementtien valmistaminen

Elementtien laatuun vaikutetaan koko valmistusprosessin ajan. Alussa valmistetaan huolellisesti materiaali, jotta saadaan hyvä massa ja haluttu lopputulos. Hyvään materiaaliin tarvitaan samankokoista kiviainesta. Kiviaines seulotaankin kolmeen eri fraktioväliin. Laboratoriossa betonista tehdään koepaloja ja etsitään sopivaa reseptiä, jolla saadaan tasaista vakiolaatua. Laboratoriossa tutkitaan sopiva vesi-sementtisuhte ja ilmamäärät, joiden sallituissa rajoissa tulee pysyä. (Toivonen 2013.)

Betonin ainesosien ja muotin vedenimukyvyyn lisäksi monet valmistustekniikkaan liittyvät tekijät vaikuttavat betonin laatuun. Pyrittäessä tasaiseen laatuun, on huolehdittava

valmistusolosuhteiden ja aineiden, betonimassan vesisideainesuhteen, hienoainemäärän ja lämpötilan, massan levitystavan ja tiivistämisen sekä muiden työolosuhteiden pysymisestä mahdollisimman vakiona. Myös muottimateriaalin laatu ja muottiöljy, sen määrä ja levitystapa, muotin purkuaika, jälkihoitoaika ja -tapa sekä elementtien varastointi- ja kuljetussuojaus pidetään tasalaatuisena. (RT 82-10657 2000.)

Betonipinnan laatuun vaikuttaa paljon muotin materiaali. Muotti ei saa imeä kosteutta, sillä se aiheuttaa epätasaisuutta betonimassan vesi-sementtisuhteeseen aiheuttaen värieroja. Muotit ovat usein teräsmuotteja. Teräsmuotteja hoidetaan hyvin, jotta valmis betonipinta on siisti. Teräsmuotit puhdistetaan, hiotaan ja tarkastetaan ruosteelta. Muut muotin osat ovat usein alumiinia tai vaneria. Muotin materiaalia valittaessa on otettava huomioon valmistuksessa käytettävät kemikaalit, kuten muottiöljy. (Toivonen 2013)

Myös massan sekoittuminen vaikuttaa betonipinnan lopputulokseen. Sementtiin on voinut paikka paikoin sekoittua vettä epätasaisesti, vaikka massa näyttäisi myllyssä tasaiselta. Mahdolliset kuivat kohdat näkyvät pinnassa väri vaihteluna. Myös elementin tärytys voi aiheuttaa tummia läiskiä, mikäli tärytys ei ole tasaista. (Toivonen 2013)

Elementtien valmistamisessa myös aikataulut ja työvaiheiden suorittaminen oikea-aikaisesti vaikuttavat laatuun. Esimerkiksi parvekelaattoja valmistaessa betonimassassa on usein paljon vettä ja kosteutta haihtuu ensimmäisten kuivumistuntien aikana paljon. Massa painuu kosteuden haihtuessa plastisessa vaiheessa ja tämä aiheuttaa pintaan niin kutsuttuja härmepisteitä. Härmepisteet näkyvät laatassa valkoisina koloina. Härmepisteitä ehkäistään telaamalla elementin pinta oikeassa vaiheessa ja näin ollen työvaihe aikataulu vaikuttaa merkittävästi parvekelaattojen pinnan laatuun. Myös liian kylmä halli, tai muuten huonot kuivumisolosuhteet vaikuttavat pinnan laatuun, sillä kovettumisaika ei ole tällöin optimaalinen. (Toivonen 2013)

### 3.2.2 Elementtien varastointi ja vastaanotto

Elementtien pinnan laatuun vaikuttaa merkittävästi varastointi. Elementtien säilyttäminen väärin voi vaikuttaa huomattavasti pinnan väriin aiheuttaen pintaan väri vaihteluita. Säilyttämisessä ei saa estää vielä kuivuvan elementin veden haihtumista. Veden haihtumisen estäminen jättää betonin pintaan vaaleampia ja tummempia kohtia. Myös kuivuvan tuotteen peittäminen pussittamalla on väärin, sillä elementti ei pääse silloin kuivumaan. (Toivonen 2013) Elementit tulee varastoida elementtitehtaalla ja työmaallakin siten, ettei niihin pääse syntymään haitallisia muodonmuutoksia, ulkonäköä heikentäviä virheitä tai ettei esim. lämmöneristys kastu haitallisessa määrin. Elementtejä siirrettäessä, nostettaessa ja varastoitaessa tulee noudattaa valmistajan asettamia tuotekohtaisia ohjeita. (RT 14-11016 2010.)

Työmaalla elementtien vastaanotossa on oltava tarkkana nostojen kanssa, sillä huono nosto voi aiheuttaa elementtiin vaurioita, kuten kolhuja. Nostettaessa elementtiä nostoalustan tulisi olla tasainen ei ainoastaan työturvallisuuden, vaan myös elementin säilymisen takia. (Toivonen 2013.) Kun elementit saapuvat työmaalle, tulee elementtien ulkonäkö ja mahdolliset kuljetusvauriot tarkastaa ainakin silmämääräisesti. Mikäli elementeissä havaitaan ulkonäköpoikkeamia tai vaurioita, tulee elementtien tilaajan tehdä heti yksilöity kirjallinen ilmoitus elementtien valmistajalle. (RT 14-11016 2010.)

## 4 BETONIPINTOJEN VIRHEET

### 4.1 Betonipintojen virheet

Betonipintojen korjaustarve voi olla joko uusien betonipintojen virheiden korjausta tai ikääntyneen betonipinnan korjausta. Tässä työssä käsitellään uusien ja valmiiden betonipintojen yleisimpiä virheitä ja niiden korjaustarpeita. Useimmiten betonielementtien esteettiset puutteet voidaan korjata niin, että tuote täyttää sille asetetut vaatimukset (Betonivalmisosien laatupoikkeamien käsittely 2006).

Elementtien ulkonäkövaatimukset vaihtelevat suuresti jopa samanlaisten elementtien välillä, joten ne tulee määritellä kohdekohtaisesti. Virheiden välttäminen tuotannossa kokonaan on lähes mahdotonta, sillä tuotteen tekee aina ihmiset. Tämän vuoksi on tärkeää, että betonielementtien pintojen kanssa työskentelevät tietävät, kuinka toimia mahdollisesti ilmenevien virheiden kanssa. Virheen aiheuttajia voivat olla esimerkiksi sääolosuhteet, käytettyjen raaka-aineiden laatu tai tuotteen huono käsittely varastointi-, kuljetus- tai työmaan vastaanottovaiheessa. Tuotetta voidaan vaurioittaa myös asennettaessa. Yleensä virheiden syyt kuitenkin ovat valmistuksessa tai suunnittelussa, joten on tärkeää löytää virheiden aiheuttaja nopeasti asian korjaamiseksi, jotta virhe ei toistu seuraavaksi valmistettavissa tuotteissa. (Betonivalmisosien laatupoikkeamien käsittely 2006.)

Betonijulkisivuelementtien virheiksi voidaan laskea myös erilaiset mittavirheet sekä liitosten ja saumojen virheet. Tässä työssä keskitytään kuitenkin vain betonisten julkisivuelementtien pintojen virheisiin.

#### 4.1.1 Väri vaihtelu

Väri vaihtelut ja tummuuserot betonielementin pinnassa johtuvat yleensä epätasaisesta vesi-sementtisuhteesta. Mitä pienempi on betonin vesi-sementtisuhte, sitä tummempi betonin pinta on. Tästä syystä myös korkealujuusbetoni on usein tummempaa. Kun betoniseos sisältää paljon vettä, on lopputulos vaaleampi. Paljon vettä sisältävän betonin pinta on kuitenkin usein laikukasta ja pintaan voi saostua kalkkia veden haihtuessa. (RT

82-10657 2000.) Muita betonipinnan vaaleuteen vaikuttavia tekijöitä ovat käytetty sementtiaines, muottipinnan ominaisuudet, hienon kiviaineksen väri ja betonin kosteus. Pienet väri vaihtelut ovat betonipinnoille kuitenkin luonnollisia. (Betonivalmisteiden laatu- ja käyttösuositusten käsittely 2006.)

Väri vaihtelun ehkäisemisessä on tärkeää pitää vesi-sementtisuhte tasaisena koko elementin osalta. Tasaiseen vesi-sementtisuhteeseen vaikuttaa merkittävästi muotti. Muotin on oltava tiivis, ettei mahdollisesta raosta vesi pääse pakenemaan ja näin ollen aiheuta paikallisesti epätasaista vesi-sementtisuhdetta. Myös muotin materiaali on tärkeässä osassa. (Toivonen 2013.) Tiivistä teräsmuottia vasten saadaan helposti vaalea pinta, kun taas esimerkiksi sahalauta tai muottikangas imevät betonimassasta vettä, jolloin lopputuloksena on tummempi betonipinta (RT 82-10657 2000). Yleisimmät virheet valmiissa betonipinnoissa ovat väri vaihtelut ja huokokset (Toivonen 2013). Betonielementissä voi myös ilmetä muita väri virheitä. Sellaisia ovat mm. verhomaiset värierot pystypinnoissa, kalkki- ja alkalihärme sekä likaantuminen.

Vyöhykemäinen väri vaihtelu eri valukerrosten välillä johtuu betonin uudelleen tiivistämisestä eli jälkitärytyksestä. Ongelma ilmenee erityisesti tiiviimmillä muottipinnoilla. Ilmiö johtuu betonimassan ja muottipinnan väliin muodostuvasta ohuesta vesikerroksesta, valukerrosten eri-ikäisyydestä sekä tärytyksen aikaansaamasta veden liikkeestä betonipinnassa. Vähiten tätä väri vaihtelua ilmenee, kun betonointi jatkuu tauotta ja alempi valukerros ei ole ehtinyt jäykistyä merkittävästi. (Puhdasvaluohje.)

Kalkkihärmettä muodostuu, kun ilmassa oleva hiilidioksidi reagoi betonin kalsiumhydroksidin kanssa. Kalkkihärme syntyy, kun muotin purkamisen yhteydessä heikkolujuuksinen, huokoinen betonipinta altistuu ulkopuoliselle kosteudelle. Vesi vapauttaa huokoisesta betonipinnasta kalsiumhydroksidia, joka reagoi välittömästi ilman hiilidioksidin kanssa. Kalkkihärmettä muodostuu runsaasti yleensä silloin, kun muottipinta on imukykyinen, betonin lujuuskehitys hidasta, ilma on kostea ja lämpötila alhainen. Kalkkihärmettä on usein pieninä määrinä kaikilla betonipinnoilla, mutta se on ongelmallista silloin, kun sitä muodostuu suuria määriä tummille tai väribetonipinnoille. Kalkkihärmeen syntymistä on vaikea täysin estää, mutta sitä voidaan vähentää käyttämällä tiivistä muottipintaa, siirtämällä muotinpurkua, välttämällä alhaisia pintalämpötiloja sekä betonin kovettumista hidastavia muotiniirrotusaineita, alentamalla vesi-sementtisuhdetta sekä välttämällä läpimärkiä muottilautoja. (Puhdasvaluohje.)

Alkalihärme on betonissa esiintyvää vesiliukoista alkalisuolaa, joka kuivuessaan muodostaa betonin pintaan valkoisen kerroksen. Alkalihärme on helppo poistaa esimerkiksi painepesulla, mutta sen syntymistä voidaan vähentää alhaisella vesi-sementtisuhteella ja estämällä betonin kuivuminen liian nopeasti. Alkalihärmeen muodostuminen loppuu betonin ikääntyessä ja tiivistyessä. (Puhdasvaluohje.)

#### **4.1.2 Huokoisuus**

Betonin huokokset syntyvät sekoituksen yhteydessä syntyvästä, muotinvastaisille betonipinnoille kerääntyvästä ilmasta, joka ei tiivistyksen aikana ehtinyt tai pystynyt poistumaan muotin yläpinnan kautta. Huokosten kokoon vaikuttavat muottipintamateriaali, betonimassan notkeus, tiivistys ja valukerroksen paksuus. (Puhdasvaluohje.) Myös muottiöljy voi aiheuttaa pintaan huokosia (Toivonen 2013).

Muottipintamateriaalin ollessa tiivis, ilma ei pääse poistumaan muottipinnan läpi tai sen pintaa pitkin, mutta pienen kitkan ansiosta huokokset jäävät pieniksi. Imukykyisellä muottipintamateriaalilla, kuten sahatavara tai pinnoittamaton vaneri, saadaan aikaiseksi vähähuokoinen betonipinta. Notkealla betonimassalla saadaan pienennettyä betonin huokosmäärää, mutta betonin hienoainesmäärän on tällöin oltava riittävä. Huokosten kokoon ja määrään vaikuttaa kuitenkin eniten tiivistys eli täryttäminen. Vaikka betonipinta tiivistetään huolellisesti, esiintyy pinnassa lähes aina noin 5-15 mm kokoisia huokosia. Betonipinta voidaan saada täysin huokosettomaksi vain muottikankaita käyttäen, mutta tällöin valmis pinta noudattaa muottikankaan tekstuuria, eikä ole sileä. (Puhdasvaluohje.)

#### **4.1.3 Tasaisuus**

Yleisimpiä pinnan tasaisuuden virheitä ovat hammastukset, valupurseet, harvavalut, pinnan aaltoilut, nystemät ja kolot. Virheet voivat johtua valmistuksesta tai valmiin elementin käsittelystä, jolloin elementtiin tulee lohkeamia ja murtumia. Elementin käyristyminen johtuu usein varastoinnin aiheuttamista lämpöliikkeistä, kutistumasta tai varastointitavasta. Käsittelystä syntyneet virheet pitää aina arvioida tapauskohtaisesti. Virhettä verrataan tavoitettavaan laatuun ja arvioidaan sen vaikutukset tuotteen käytölle sekä virheen mahdollinen korjaustarve. (Betonivalmiskesien laatupoikkeamien käsittely 2006.)

Betonipinta voi myös olla liian sileä. Kun seinäelementti pinnoitetaan, alustana oleva pinta ei saa olla liian kiiltävä ja tasainen riittävän tartunnan aikaansaamiseksi. Tarvittaessa pinta on karhennettava ennen pinnoitustyötä. Jotkut julkisivumaalit voivat myös vaatia betonialustan esikarhennusta hiomalla, hiekkapuhaltamalla tai jollain muulla tavalla. Usein vaaditaan sementtiliiman poisto muottipinnasta. Tarvittaessa maalauksesta vastuussa oleva voi tarkastaa pinnat etukäteen. (Betonivalmiskesien laatupoikkeamien käsittely 2006.)

#### **4.1.4 Halkeilu**

Betonin halkeilu voi johtua valmistuksesta tai suunnittelusta. Suunnitteluvirheen aiheuttamat halkeilut johtuvat usein riittämättömästä raudotteesta tai liian ohuesta betonikerroksesta. Halkeamiseen johtavia valmistuvirheitä ovat muun muassa plastinen tai liian nopea kutistuminen, betoniseoksen erottuminen, liian aikainen muotin purku, epäonnistunut tasoitus ja vääränlainen lämpökäsittely. Halkeilu syntyy yhden tai useamman voiman aiheuttamasta jännitystilasta. Yleisimpiä syitä halkeiluun ovat betonin kuivumiskutistuma, lämpöliikkeet sekä muut betoniin kohdistuvat ulkoiset ja sisäiset rasitukset. Halkeiluun vaikuttavat betonin raaka-aineet, valmistusprosessi, jälkihoito ja käsittely, rauditus ja lujuus. Myös sääolosuhteet ovat yksi halkeiluun vaikuttavista tekijöistä. Betonielementtien halkeamat voidaan jakaa lämpötilamuodonmuutoksista aiheutuviin halkeamiin, plastisiin ja kuivumishalkeamiin sekä mekaanisiin halkeamiin. (Betonivalmiskesien laatupoikkeamien käsittely 2006.)

Lämpötilamuodonmuutoksista aiheutuvat halkeamat syntyvät, kun betoni reagoi lämpötilanvaihteluihin laajenemalla ja kutistumalla. Halkeamia syntyy, jos jäähtymisen aikana

tapahtuva kutistuminen aiheuttaa suurempaa vetorasitusta kuin minkä betoni voi halkeamatta kestää. Sementti on yksi vaikuttava osa-aine betonin lämpölaajenemisessa, sillä sementtimäärän lisääminen lisää myös lämmönmuodostusta. Sementtimääriin vaikuttavat betoniin halutut lujuus- ja säilyvyysvaatimukset. Suuret sementtimäärät voivat johtaa muihin laatuongelmiin, kuten kasvavaan kuivumiskutistumaan. Betonielementin huono jälkihoito voi myös osaltaan aiheuttaa betoniin lämpölaajenemisesta johtuvia halkeamia. Betonielementti tulisi peittää normaalisti muovipeitteellä, kunnes elementti on saavuttanut halutun lujuuden. (Betonivalmisosien laatueroikkeamien käsittely 2006.) Betonielementin peittäminen väärin voi kuitenkin johtaa muihin pinnan laatuvirheisiin, mikäli kuivuvasta elementistä ei pääse haihtumaan vettä (Toivonen 2013).

Plastiset kuivumishalkeamat syntyvät heti betonin valamisen jälkeen. Plastiset kuivumishalkeamat aiheutuvat veden erottuessa pintaan ja betonin painuessa muotin pohjaan. Halkeamat syntyvät, kun veden haihtumisaste betonin pinnalta ylittää veden pintaan nousun määrän. Tällainen halkeilu on yleistä, kun on kuumaa, kuivaa tai kun betonin painuma viivästyy. (Betonivalmisosien laatueroikkeamien käsittely 2006.)

Pitkän ajan kuivumiskutistuma syntyy, kun vesi poistuu sementtiliiman geelihiukosista. Näin muodostuvat sisäiset rasitukset voivat johtaa halkeiluun, jos ne ylittävät betonin kestäjän vetojännityksen. Yleensä kuivumiskutistuminen tapahtuu niin, että 14-34 % lopullisesta kutistumisesta tapahtuu 2 viikon kuluessa, 40-80 % 3 kuukauden kuluessa ja 66-85 % vuoden kuluessa elementin valmistamisesta. Kuivumiskutistumaan vaikuttavat mm. elementin tilavuuden suhde pinta-alaan (eli kuinka paksu elementti on), kiviainesrakeiden suhde kokonaisuudessaan (eli kuinka paljon on muita aineita), veden ja sideaineen suhde, sementin laatu ja määrä sekä betonin lujuus. (Betonivalmisosien laatueroikkeamien käsittely 2006.)

Mekaaniset halkeamat johtuvat yleensä elementin huonosta käsittelystä ja ne syntyvät usein varsinaisen valmistusvaiheen jälkeen. Varastoinnin ja käsittelyn aikana syntyneiden halkeamien yleisimmät aiheuttajat ovat ylikuormitustilanne tehtaassa, virheellinen nostaminen, virheellinen varastointi tai suunnitteluvirhe (liikaa varauskoloja, kavennuksia, tms.). Monet kuljetus- ja asennusvaiheessa syntyneistä vaurioista ovat ainoastaan esteettisiä haittoja. (Betonivalmisosien laatueroikkeamien käsittely 2006.)



## 4.2 Virheiden ehkäisy

Virheitä voidaan ehkäistä kaikissa elementin vaiheissa suunnittelusta asentamiseen. Suunnittelusta aiheutuvat virheet ovat usein liian ohut betonikerros tai liian vähäinen raudoitus, jotka voivat aiheuttaa halkeamia elementissä. Suunnittelun aiheuttamat virheet voidaan ehkäistä, kun virhe huomataan ajoissa ja suunnitelmat saadaan muutettua ennen tuotannon jatkamista. (Betonivalmisosien laatupoikkeamien käsittely 2006.)

Valmistuksessa virheitä voidaan ehkäistä monin eri tavoin. Elementin laatuun voidaan vaikuttaa mm. parantamalla tärytystä, seosta, lämpökäsittelyä, valua tai jälkihoitoa. Myös muottien hoidolla voidaan vaikuttaa pinnan laatuun. (Betonivalmisosien laatupoikkeamien käsittely 2006.) Useimpia virheitä yritetään tehdä ehkäistä mahdollisimman hyvällä muottien hoidolla. Muotteja hoidetaan huolellisella pesulla ja muottipinnan hionnalla, siksi muottien tulee olla tehty kestävästä materiaalista. (Toivonen 2013.)

Varastoinnista, kuljetuksesta ja asentamisesta aiheutuvat virheet, kuten kolhut, voidaan ehkäistä huolellisella töiden suunnittelulla. Varastoinnin aiheuttamia värivirheitä ja taipumia voidaan ehkäistä välttämällä pitkät varastointiajat ja suojaamalla elementit oikein. Kuljetuksessa ja asentamisessa on tärkeää käsitellä elementtejä huolellisesti ja varoen. (Betonivalmisosien laatupoikkeamien käsittely 2006.)

Hyvä valmiiden pintojen suojaaminen olisi pintasuojaa-aineella käsittely. Pintasuojaa-aine estää ulkoisen kosteuden imeytymisen, mutta päästää kuivuvasta elementistä höyryn pois. Aine myös suojaa rakennetta kulutukselta. Suunnittelijat eivät usein määrittele ainetta, sillä aineen vaikutusta ei ole dokumentoitu ja tutkittu vielä riittävän laajasti. (Toivonen 2013.)

Julkisivujen virheitä voidaan ehkäistä myös hyvällä huollolla.. Huoltotarpeeseen vaikuttavat oleellisesti julkisivun korkeus, ilmansuunta, ilmasto- ja ympäristöolosuhteet. Julkisivun huoltamatta jättäminen johtaa nopeasti vakaviin vaurioihin, joten kaikki toimenpiteet kannattaa suorittaa heti, kun vaurioita ilmenee. (RT 82-10604 1996.) Pidemmän ajanjakson vaikutus betonipinnan laatuun vaatii kuitenkin lisätutkimusta.

### 4.3 Virheiden korjaus

Jos elementtejä joudutaan valmistus-, varastointi-, kuljetus- tai asennusvaurioiden vuoksi paikkaamaan, täytyy korjatun kohdan täyttää elementeille suunnitelma-asiakirjoissa määrätty laatuvaatimukset. Näkyviin jäävissä betonipinnoissa paikkaus ei saa erottua haitallisesti ympäröivästä pinnasta. Virheen korjaamiseen valittu korjaustapa on hyväksyttävä tilaajalla ennen korjaustyöhön ryhtymistä. Työselostuksessa voidaan määrittää paikkausten tekotapa paikattavan alueen vaativuuden ja laajuuden mukaan. Elementtien korjauksessa noudatetaan julkaisun BY40 antamia ohjeita (RT 14-11016 2010.)

Betonipintojen laatuvaatimusten saavuttamiseksi sallitaan vähäiset pintojen korjaukset. Tällaisia ovat pienten lohkeamien korjaaminen tai huokosten täyttämisen tapaiset asiat. Usein korjatut kohdat erottuvat muusta pinnasta värisävynsä osalta, vaikka korjattu pinta täyttäisi kaikki laatuvaatimukset. Korjattava, laatuvaatimukset alittava pinta voi joskus olla paremman näköinen kuin korjattu, vaatimukset täyttävä pinta. Korjaustyöt on tehtävä betonilla, jonka säilyvyys ja muut ominaisuudet vastaavat käytetyn betonin ominaisuuksia. (BY 40 2003, 136.) Korjaustöiden sallitut määrät on esitetty kuvassa 19.

Taulukko KOR / Korjaustöiden sallitut määrät (ei koske AA-luokan pintoja, joiden korjaaminen ei ole sallittua).  
Taulukko ei koske peittyviä (PIN) tai helposti vaihdettavia (LUOM, BETM) pintoja.

Korjaukset > 500 mm <sup>2</sup>	Luokka A	Luokka B
Suurin määrä	1 kpl / 7 m <sup>2</sup>	ei vaatimusta
Keskimäärin	1 kpl / 20 m <sup>2</sup>	ei vaatimusta
Suurin alue	0,08 m <sup>2</sup>	ei vaatimusta

KUVA 19. Korjaustöiden sallitut määrät (BY40 2003, 136).

Väri vaihtelun korjaaminen on hankalaa. Ongelma on esteettinen, joten pienet virheet pintojen ulkonäössä ovat hyväksyttäviä, mutta suuret värin ja tummuuden vaihtelut johtavat elementin hylkäämiseen. Muita väriin vaikuttavia virheitä betonipinnoissa voivat olla härme ja lika. Pintaan muodostunut kalkkihärme on mahdollista pestä suola-fosfori- tai etikkahapolla ja vedellä. Lika, esimerkiksi öljy, on myös mahdollista pestä. (Betonivalmisteiden laatuvaatimusten käsittely 2006.)

Tasaisuuden korjaamisessa ei usein ole rakenteellisia riskejä, jos kyseessä ei ole noston aikana syntyneistä kolhuista. Pienten epätasaisuuksien korjaamiseksi riittää pinnan tasoittaminen. Tasoittamisen jälkeen elementti voidaan käsitellä maalilla tai muulla pinnoitteella. Varastoinnin, asentamisen tai muun käsittelyn yhteydessä syntyneet kolhut ovat usein vain esteettinen haitta, mutta joissakin tapauksessa tukipintoja on tarpeen korjata. Kolhut korjataan täyttämällä laastilla tai tasoitetaan pinta muulla tavoin. (Betonivalmiskosten laatuerojen käsittely 2006.) Hammastukset, pinnan aaltoilu ja käyryys ovat lähes mahdottomia korjata jälkikäteen (Puhdasvaluohje).

Halkeaman leveyden ollessa 0,1-0,2 mm vaikutukset ovat ainoastaan esteettisiä. Leveämmät halkeamat aiheuttavat teräkselle korroosioriskin. Halkeamien ulottuessa pystysuunnassa koko elementin läpi, saattaa elementti rikkoutua nostettaessa. Suuret halkeamat voidaan täyttää injektoimalla niihin laastia tai epoksia, jonka jälkeen koko elementti voidaan käsitellä maalilla tai muulla pinnoitteella, jos tilaaja niin haluaa. Mikäli halkeamat ovat sijoittuneet elementin nostokohtiin, on varmistettava, että elementti kestää noston. (Betonivalmiskosten laatuerojen käsittely 2006.)

## 5 POHDINTA

Rakennuksen julkisivu antaa rakennukselle mielikuvan ja yleisilmeen, joka kertoo rakennuksessa tapahtuvasta toiminnasta ja käytöstä. Julkisivu antaa ensivaikutelman rakennuksesta ja jopa sen laadusta. Koska rakentamisessa pyritään tehokkuuteen, teollinen rakentaminen on yleistä. Teollisella rakentamisella saadaan rakennettua elementit tehtaalla mahdollisimman pitkälle niin, että työmaalla ne täytyy vain asentaa. Betonisissa julkisivurakenteissa hyödynnetään usein eriasteisia valmisosia, jolloin julkisivuelementti on mahdollista saada valmiina rakenteena pinnoitteineen ja täydentävine osineen.

Betonijulkisivuelementtien laatuun vaikutetaan koko elementin valmistusprosessin ajan. Jo elementtiä suunniteltaessa tilaaja ja suunnittelija määrittelevät rakennuksessa käytettävän elementin pintakäsittelyn ja halutun laatutason. Pintakäsittelyvaihtoehtoja on betonille lukemattomia ja käsittelymenetelmä tulisikin valita tarkkaan rakennuksen tuleva ympäristö ja olosuhteet huomioon ottaen. Betonipintojen laatu saadaan pidettyä halutulla tasolla, kun huomioidaan kunkin pinnan huolto- ja pintasuojaustarve. Haluttu laatutaso tulisi määrittellä suunnitteluvaiheessa riittävän selkeästi ja yleisten määritelmien mukaan, jotta valmistus- ja loppuvaiheessa laatutavoitteissa ei ole tulkinnanvaraa. Laatutason määrittämistä helpottamaan on julkaistu BY40 2003 Betonirakenteiden pinnat. BY40 antaa hyvän tuen betonipintaisten julkisivuelementtien laadunmäärittämiseen niin suunnittelu- kuin valmistusvaiheessakin.

Betonipintaisten julkisivuelementtien valmistajien osuus pinnan laadusta on suuri. Pinnan laatuun vaikutetaan merkittävästi juuri valmistusvaiheessa. Betonipinnan laatu saadaan aikaan hyvällä materiaalilla, ammattitaidolla, valmistusmenetelmällä ja oikeilla olosuhteilla. Hyvän betonipinnan aikaansaaminen vaatii tekijältä ammattitaitoa, ohjeiden ymmärtämistä ja noudattamista sekä halua tehdä hyvää jälkeä. Ammatillisella tulee myös olla silmää epäonnistuneelle massalle, valulle ja huonoille olosuhteille, sillä tasalaatuisuuteen pyrittäessä on tärkeää huomata epäkohdat jo valmistusprosessin alussa. Betonielementin pinta on yllättävän herkkä muutoksille ja väärille valmistustavoille. Vääränlainen betonimassa voi näkyä pinnassa mm. väri vaihteluna. Huono muottipinta voi aiheuttaa pintaan epätasaisuuksia ja väri vaihtelua. Vääränlainen käsittely ja huono täytyys voi jättää pintaan huokosia ja huonot kuivumis- ja säilytysolosuhteet voivat ai-

heuttaa mm. halkeilua ja värieroja pinnassa. Omat ongelmansa betonipinnoille aiheuttavat myös mittavirheet.

Valmiin julkisivuelementin pintaa voidaan vahingoittaa myös väärällä varastointtavalla, kuljetuksella ja vastaanotolla. Huonoissa varastointiloissa elementti saattaa taipua ja käyristyä. Pintaan saattaa myös jäädä värieroja. Kuljetuksessa, vastaanotossa ja asentamisessa elementtiin aiheutetut vauriot ovat usein kolhuja ja halkeamia. Useimmat vauriot ovat estettävissä, kun kuljetus ja asentaminen tehdään turvallisesti kunnollisilla välineillä ja hyvillä alustoilla.

Valmiin rakennuksen vastaanottotarkastuksessa pinnat käydään läpi tarkasti. Rakennuksen virheitä käydään läpi niin ensimmäisessä tarkastuksessa kuin myöhemmin takuukorjaustenkin yhteydessä. Useimmiten pintoja tarkastellaan takuukorjausten aikaan tarkemmin kuin vastaanottotarkastuksessa, sillä silloin lopullisella asiakkaalla on ollut aikaa asettua ja tutkia pintoja. Valmiin tilan hahmottaminen on myös helpompaa kuin rakennusvaiheessa olevan. Valmiit pinnat joutuvat takuuajana tarkan tutkimisen kohteiksi ja usein rakennuksen lopullinen käyttäjä määrittelee oman laatutason, jota rakennuksen tulisi vastata. Laatuun liittyvät ongelmat ilmenevät, kun käyttäjän mieltämä laatu ei vastaa pääsuunnittelijan ja tilaajan määrittelemää laatutasoa. Tällöin on hyvä olla olemassa yleiset laatuohjeet, jotka auttavat selvittämään laatuun liittyvät ongelmat ja saavuttamaan yhteisymmärryksen.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli koota lyhyesti betonisten julkisivujen laatuun liittyvät kohdat yksien kansien väliin. Betoni on yksi yleisimmistä materiaaleista kerrostalojen julkisivuista. Tässä työssä keskityttiin juuri betonipintaisiin julkisivuihin ja jätettiin tutkimatta tarkemmin muita julkisivumateriaaleja, kuten laattoja, tiiliä ja puuta. Muissa julkisivumateriaaleissa riittäisi tutkittavaa useammankin opinnäytetyön verran. Julkisivun ulkonäköön vaikuttavat merkittävästi julkisivumateriaalin lisäksi myös ikkunat, ovet, parvekkeet, elementtien saumat ja kaikkien edellä mainittujen rytmitys ja muodot. Tähän työhön otettiin mukaan edellä mainituista vain parveke-elementit, sillä ne ovat hyvä esimerkki puhtaasta betonipinnasta julkisivussa. Opinnäytetyössä ei keskitytty enempää parvekkeiden malliin tai muotoon, sillä ne vaatisivat lisätutkimuksia, joihin ei aikarajoituksen takia ollut mahdollisuuksia. Koska julkisivuissa riittäisi tutkittavaa, rajauksen tekeminen tarkasti oli erityisen tärkeää. Tämän opinnäytetyön on tarkoitus olla kattava selvitys aiheesta eikä pelkkä pintaraapaisu ja siksi työssä perehdyttiin

vain betonin muodostamaan pintaan, sen käsittelymahdollisuuksiin, yleisimpiin virheisiin ja korjausmahdollisuuksiin.

## LÄHTEET

Betonielementtiparvekkeet. 2010. Betoniteollisuus ry. Tulostettu 29.1.2013.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/parvekkeet>

Betonipinnat. Luettu 16.4.2013.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/julkisivut/betonipinnat>

Betonivalmisosien laatupoikkeamien käsittely. 2006. Betonikeskus ry. Tulostettu 20.2.2013.  
[http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23246/Betonielementtien\\_laatupuutteet-Lokakuu2006%5B1%5D.pdf](http://www.elementtisuunnittelu.fi/Download/23246/Betonielementtien_laatupuutteet-Lokakuu2006%5B1%5D.pdf)

BY40 2003 Betonirakenteiden pinnat. 2003. Suomen Betonitieto Oy

Elementtirakentamisen historia. Luettu 28.3.2013.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen/elementtirakentamisen-historia>

Puhdasvaluohje. Betoniteollisuus ry. Tulostettu 20.2.2013  
[www.betoni.com/Download/22609/Puhdasvaluopas\\_betoni\\_netti.pdf](http://www.betoni.com/Download/22609/Puhdasvaluopas_betoni_netti.pdf)

Rakennustieto. Luettu 16.4.2013.  
<http://www.rakennustieto.fi/index/tuotteet/ryl.html>

RT 82-10604 Betonijulkisivut – korjausrakentaminen. 1996. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 82-10766 Betoniset julkisivurakenteet. 2002. RT-kortisto. Rakennustieto Oy.

RT 82-10657 Julkisivun betonipinnat. 2000. RT-kortisto. Rakennustieto Oy

RT 86-10563 Parvekerakenteet. 1995. RT-kortisto. Rakennustieto Oy

RT 14-11016 RunkoRYL. 2010. RT-kortisto. Rakennustieto Oy

Sivistyssanakirja. Luettu 28.3.2013. <http://sivistyssanakirja.com/laatu>

Teollinen valmisosarakentaminen. Luettu 20.2.2013.  
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>

Toivonen, Juhani. Haastattelu. 7.2.2013. Myyntipäällikkö. Parma Oy.

