



# Marmori julkisivuverhouksessa

Suunnitteluohje

Noora Rummukainen

OPINNÄYTETYÖ  
Kesäkuu 2022

Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Rakennusarkkitehdin tutkinto-ohjelma

RUMMUKAINEN, NOORA:  
Marmori julkisivuverhouksessa  
Suunnitteluohje

Opinnäytetyö 42 sivua  
Kesäkuu 2022

---

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä marmoristen julkisivuverhousten suunnitteluohje. Työn tilaajana toimi Liuskemestarit Oy, joka on kotimainen luonnonkiviin erikoistunut yritys. Kiinnostus marmorisiin ja sen mahdollisuuksiin julkisivumateriaalina on kasvanut eikä aiheesta ole aiempaa ohjetta, joten tarvetta suunnitteluohjeelle oli. Opinnäytetyön tarkoituksena oli myös tuoda kaikki tarvittava, marmoria koskeva tieto yhteen dokumenttiin, jotta suunnittelijoilla ja aiheesta kiinnostuneilla on mahdollisuus löytää tieto helposti.

Tietoa opinnäytetyöhön kerättiin niin kirjallisuudesta, rakennusalan julkaisuista, standardeista kuin myös haastatteluista. Opinnäytetyössä perehdyttiin marmorin ominaisuuksiin ja sen historiaan, marmorijulkisivuissa vastaan tullessiin haasteisiin sekä onnistuneisiin ratkaisuihin. Suunnitteluohjeeseen kirjattiin laattaverhouksen suunnitteluperiaatteet sekä asennus- ja kiinnitysohjeet.

Marmorilla on hieman ikävä maine Suomessa, ja käsitykset sen toiminnasta Suomen sääoloissa perustuvat vain yhteen marmorilaatuun. Marmorilajeja on kuitenkin monia, ja pitkäaikaisella testaamisella on saatu hyviä tuloksia niiden kestävydestä eri ilmastoissa. Myös marmorin asennuksella ja kiinnitystavoilla on merkitystä marmorin kestävyteen. Opinnäytetyössä tuodaan esille marmorien mahdollisuudet tulevaisuudessa, kun marmorilajin valintaan ja asennukseen kiinnitetään aikaisempaa enemmän huomiota.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi perusteellinen suunnitteluohje, joka käsittelee monipuolisesti marmorin suunnitteluun liittyvät periaatteet ja toiminnot. Opinnäytetyöhön kerättiin kattavasti tietoa, jota hyödynnettiin myös kivilajien vertailuissa. Kerätyn tiedon toivotaan lisäävän marmorin suosiota ja helpottavan sen valintaa julkisivuverhousmateriaaliksi.

---

Asiasanat: marmori, julkisivuverhous, suunnitteluohje

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Construction Architecture

RUMMUKAINEN, NOORA:  
Marble as Façade Cladding  
Design Instructions

Bachelor's thesis 42 pages  
June 2022

---

The purpose of this thesis was to make design instructions for a marble façade cladding. There are no previous instructions on the subject, and the interest in marble as a façade material has grown. The purpose of the thesis was also to bring all the necessary information about marble into a single document. The work was commissioned by Liuskemestarit Oy.

Information for the thesis was collected from literature, publications in the construction industry, standards, and interviews. The thesis focused on the features of marble and its history, the challenges encountered in the marble façades and successful solutions. The thesis highlights the possibilities of marble in the future.

As a result of the thesis, in-depth design instructions were created. They deal with the principles and functions related to designing with marble. They also explain how to install a marble cladding and what kind of mounting to use. Comprehensive data was collected for the thesis, which was also used to compare different stone types.

---

Key words: marble, façade cladding, design instructions

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	7
2	MARMORIT MATERIAALINA .....	9
	2.1 Ominaisuudet .....	9
	2.2 Fysikaaliset ominaisuudet .....	10
	2.3 Louhinta .....	15
	2.4 Historia ja käyttökohteet julkisivuissa .....	20
3	MARMORIEN HAASTEET .....	24
	3.1 Säänkestävyys .....	24
	3.2 Esteettisyys .....	26
4	ONNISTUNEET MARMORIJULKISIVUT .....	27
	4.1 Lasan marmori .....	27
5	MARMORIJULKISIVUN SUUNNITTELU .....	29
	5.1 Määräykset ja ohjeet .....	29
	5.1.1 Luonnonkivijulkisivujen yleiset vaatimukset .....	29
	5.1.2 Marmorilaattaverhoukselle asetetut vaatimukset .....	29
	5.2 Kiviladontakaavio .....	30
	5.3 Yksittäisen julkisivulaatan työkuva .....	31
	5.4 Laattojen mitoitus .....	32
6	ASENNUS JA KIINNITYS .....	35
	6.1 Asennusjärjestelmät .....	35
	6.2 Saumaus .....	38
7	POHDINTA .....	39
	LÄHTEET .....	40

**LYHENTEET JA TERMIT**

Carraran marmori	Carraran alueelta, Pohjois-Italiasta louhittua marmoria.
Dolomiitti	Karbonaattikivilaji, joka koostuu dolomiittimineraaleista ja on läheistä sukua kalkkikivelle.
Hammastus	Laattojen epätasainen asennus, jolloin julkisivuverhouksen reunat menevät epäsuoraan.
Hukkakivi	Louhinnassa syntyvää kiviainesta, jota ei pystytä käyttämään jatkokäsittelyissä.
Jiirattu kulma	Viisto reuna kulmalaatoissa, jolloin sauma on julkisivujen kulmassa.
Kalsiitti	Kalkkikivi, jonka päämineraalina on kalsiitti.
Kiviblokki	Kalliosta louhittu kivikappale, jotka siirretään tehtaalle jatkokäsittelyyn.
Kiviladontakaavio	Julkisivusta tehty kuva, josta selviävät laattojen sijainnit ja julkisivuverhouksen ulkonäkö.
Kulmavahvike	Rakennuksen kulmissa olevien laattojen kiinnike, joka kiinnittää kulmalaatat toisiinsa vahvistaen julkisivuverhusta.
Lasan marmori	Lasan alueelta, Pohjois-Italiasta louhittua marmoria.
Liikuntasauva	Laattojen välissä oleva joustava sauma, joka mahdollistaa laattojen liikkeitä tarvittaessa.
Luonnonasfaltti	Raakaöljyä, jota muodostuu maan pinnalle sen puristuksessa maankuoresta ja jähmettyessään muuntuu asfaltiksi.
Magmakivi	Kivilaji, joka syntyy sulan magman eli kivimassan tai laavan jähmettyessä.
Metamorfinen kivilaji	Suurissa paineissa ja lämpötiloissa muutoksia kokenut kivilaji.
Mittapoikkeama	Mitoituksessa sallitut virhemitat.
Puskukulma	Tasareunaiset laatat asennetaan ilman rakoa toisiansa vasten, jolloin sauma on kulman jommallakummalla puolella.

RISE	Ruotsalainen tutkimuslaitos, joka tekee yhteistyötä niin kansainvälisten yritysten, korkeakoulujen kuin julkisen sektorin kanssa.
Sedimenttikivi	Maanpinnan kerroksen kovettuessa muodostunut kivi.
Tuuletusväli	Rakennuksen kantavan rakenteen/eristeen ja julkisivuverhouksen välissä oleva ilmatila, joka tuulettaa rakennetta.
Värijuonteet	Kivessä olevia erivärisiä, ohuita kerroksia, joissa on hie- man erilaista kiviainesta.

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Liuskemestarit Oy:lle marmorijulkisivuverhouksen suunnitteluohje. Aikaisemmin yleisesti käytetty Carraran marmori on osoittautunut kestävästi huonosti Suomen ilmasto-olosuhteissa, mikä on leimannut kaikki eri puolilla maailmaa tuotetut marmorit käyttökelvottomiksi julkisivumateriaaleiksi. Eri marmorien tekniset ominaisuudet vaihtelevat paljon, ja tutkittua tietoa on nykyään paljon enemmän. Carraran marmorilla on suurempi vedenimukyky verrattuna muihin luonnonkiviin, mikä juuri selittää sen heikon pakkaskestävyyden. Koska marmorin pitkäaikaiskestävyyden määräävinä ominaisuuksina ovat tiiviys ja vähäinen vedenimukyky, julkisivuissa käytetyt marmorilaatat testataan juuri näiltä ominaisuuksiltaan hyvin tarkasti ennen kuin ne kelpuutetaan julkisivuverhoukseen. Italialainen Lasan marmori on valittu Finlandia-talon kesällä 2022 tapahtuvan julkisivukorjauksen verhoilukiveksi. Kyseisestä marmorista on saatu hyviä, pitkäaikaisia kokemuksia. Se on tiivis luonnonkivi, jonka vedenimukyky on vähäinen, ja siitä valmistetut julkisivulaatat ovat säilyneet muuttumattomina, ilman haurastumista tai kaareutumista julkisivuissa jo vuosikymmeniä. Voidaan siis olettaa, että marmorijulkisivuja nähdään tulevaisuudessa enemmän, joten suunnitteluohjeillekin on hyvin tarvetta. Laattamaisesta marmoriverhouksesta ei ole aiempaa suunnitteluohjetta, ja marmorijulkisivujen yleistyessä suunnitteluohjeelle on tarvetta.

Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitteluohjeen lisäksi koota marmoriin liittyvä aineisto tiiviisti yhteen dokumenttiin. Työssä perehdytään laattaverhouksen standardeihin ja määräyksiin, joiden kautta käydään läpi marmorijulkisivun suunnitteluperiaatteet sekä laattojen asennus- ja kiinnitysohjeet. Työssä perehdytään marmorin ominaisuuksiin, marmorijulkisivujen haasteisiin, historiaan sekä esitellään pitkäikäisiä, onnistuneita julkisivukohteita. Opinnäytetyöhön on koottu tietoa haastatteluista, rakennusalan ja luonnonkiviaiheisesta kirjallisuudesta sekä marmoria käsittelevistä julkaisuista.

Liuskemestarit Oy on kotimainen yritys, joka tuottaa kotimaisia liuskekiviä sekä maahantuo ulkomaisia luonnonkiviä Italiasta, Saksasta, Norjasta ja Espanjasta.

Yritys on aloittanut toimintansa vuonna 1983, ja nykyään sen palveluksessa toimii noin 20 henkeä. Yrityksellä on toimintaa Orivedellä, Helsingissä, Sodankylässä ja Puolangalla, joista virallinen toimisto sijaitsee Orivedellä. (Liuskemestareiden www-sivut, 2022)



## 2 MARMORIT MATERIAALINA

### 2.1 Ominaisuudet

Marmorit kuuluvat metamorfisiin eli muuttuneisiin luonnonkiviin, jotka ovat syntyneet sedimenttikivistä muutosprosessin seurauksena 400–1000 Milj. vuotta sitten. Kiven eri mineraalien ja rakenteen muuttumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat lämpötilan muutokset, erityisesti sen nousu, paineen kasvu sekä kallioperän liikkeet, kuten poimuttuminen. Metamorfisten luonnonkivien ominaisuuksiin vaikuttavat suuresti ulkoiset olosuhteet ja niiden vaikutusajat. Kivilajien muuttuminen kallioperässä on erittäin hidas prosessi.

Kalkkikiveä muodostuu merenpohjaan vajonneista simpukankuorista, kotiloista ja koralleista, jotka kovettuvat kalkkilietekerroksiksi. Joutuessaan kovan maanpaineen alle kalkkikivestä syntyy marmoria, jonka pääasiallisia mineraaleja ovat kalsiitti ja dolomiitti, mutta yleensä marmori on keski- tai karkearakeista kalsiittia. Jos marmorissa on myös dolomiittia kalsiitin lisäksi, sitä kutsutaan dolomiittimarmoriksi. Marmori voi useimmiten olla värisävyltään luonnonvalkoista, mutta marmoreilla on myös muitakin värisävyjä, kuten harmaata, mustaa, vaaleanpunaista, vihreää ja ruskeahkoa. Marmorin raitaisuus, laikukkuus, liekkikuviot tai juovikkuus ovat syntyneet sulaneiden mineraalien liikkeen mukana. (Mesimäki 2006, 6)

	Musta	Tummanharmaa	Vaaleanharmaa	Valkoinen	Beige	Keltainen	Vaaleanpunainen	Punainen	Ruskea	Oliivi	Vihreä	Harmaanvihreä	Vaaleanvihreä	Vaaleansininen	Sininen
Marmori	1	2	3	3	1	1	2						1	1	
Dolomiittimarmori		2	2	2			1		3						
Graniitti			2	1		2	3	3	1				1	1	
Hiekkakivi	1	1	1	3	3	3	3	3	2	2		2		1	
Kalkkikivi	2	2	2	1	3	2	3	3	3	1					
Vuolukivi		3	3												
Kvartsiitti		1	2	3	2	2	2	2	1	1	1	3	2	1	1
Dioriitti	2	3	3	1							1	1			
Larvikiitti			2							1	2	2		1	1
Gneissi	2	3	3	2		2	3	3	2	1	1	2	1		

3 = yleinen väri

2 = melko harvinainen väri

1 = harvinainen väri

KUVA 1. Luonnonkivien väritys (Viite: Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje 2006).

## 2.2 Fysikaaliset ominaisuudet

Laboratoriotesteissä testataan tunnetuilla standardimenetelmillä luonnonkivien fysikaalisia ominaisuuksia, kuten taivutuslujuutta, lämpölaajenemista, veden imukykyä, säänkestävyyttä ja huokoisuutta. Näiden testitulosten luotettavuus perustuu käytettyihin testimenetelmiin, testaajan asiantuntemukseen sekä kiviläytteen edustavuuteen. Nykyään testaus tehdään harmonisoituja testistandardeja käyttäen, jolloin eri kiviläytteen tuloksia voidaan vertailla helposti. Fysikaalisien ominaisuuksien testaamisesta on hyötyä, kun tarvitaan materiaalien yleiskuva sen teknisestä luonteesta, kiviläytteen sekä sen kiinnikkeiden suunnittelusta, ja mitoituksen lähtötiedoista sekä kun tarvitaan arvioita sen säänkestävyydestä ja likaantuvuudesta. (Mesimäki 2006, 12)

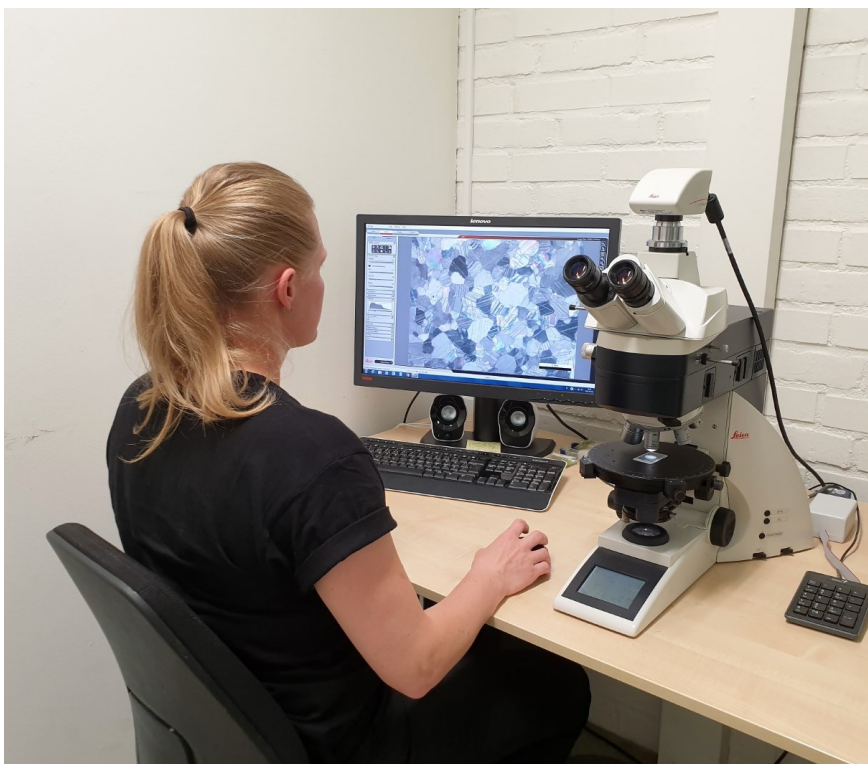
Standardien mukaan ulkolaattaverhouksille on monta erilaista testiä. Luonnonkivillä testataan niiden tiheyttä ja huokoisuutta, palokäyttäytymistä, vesihöyryn läpäisevyyttä, taivutuslujuutta, kiinnitysten kestävyttä, lämpöshokin kestävyttä,

ilmääneneristävyyttä, lämmönvastusta sekä jäädytys-sulatuskokeessa osoitettua taivutuslujuuden pitkäaikaiskestävyyttä. Osa kokeista tehdään vain tarvittaessa, kuten lämmönvastus ja vesihöyryn läpäisevyyden testaukset. (SFS-EN1469 2015, 28–29)

TAULUKKO 1. Marmorien standarditestit.

Ominaisuus	Standardi
Taivutusvetolujuus pakkasrasituksen jälkeen	SFS-EN 12371
Vedenimukyky	SFS-EN 13755
Marmorin kestävyys lämpötila- ja kosteussykliin jälkeen	SFS-EN 16306
AGA-menetelmä	SFS-EN 12407 SFS-EN 16306
UPV-testi	SFS-EN 14579

Julkisivuun valittavat marmorikivet käyvät läpi AGA-testauksen (Adjacent Grain Analysis), jonka kautta huonot kappaleet saadaan seulottua pois. Menetelmällä pystytään ennustamaan marmorin kestävyyttä, mutta se ei ole kovin luetettava menetelmä. Analyysissä marmoreista otetaan pieniä näytteitä, ne kuvataan ja sen jälkeen tutkitaan niiden mikrorakennetta mikroskoopilla. Yksinkertaistetusti testissä määritellään keskimääräinen raekoko ja sen jälkeen lasketaan näiden keskikokoisten rakeiden kanssa kosketuksissa olevien viereisten rakeiden lukumäärä. Mitä vähemmän vierekkäisiä rakeita on, sitä alttiimpi marmori on taipumiselle. (SFS-EN 16306 2013, 16–17; Schouenborg 2022)



KUVA 2. AGA-menetelmän käyttö. (Lähde: Schouenborg 2022)

Marmorien olennaisimmat testit kohdistuvat niiden taivutuslujuuteen ja sen pitkäaikaiskestävyyteen. Taivutuslujuutta testatessa marmorilaatat asetetaan tukirullien päälle ja laattojen keskelle painetaan tela. Telan kuormaa kasvatetaan, kunnes laatta hajoaa. Pitkäaikaiskestävyyttä testatessa edellä mainittuun kokeeseen otetaan mukaan laattojen jäädytys ja sulatus. Laatoille tehdään vähintään 56 jäädytys-sulatussykliä, joiden jälkeen mitataan uudestaan laattojen taivutuslujuus. (SFS-EN 12372 2022, 6)

Kivilajeille voidaan tehdä myös testejä liittyen niiden kosteusmuodonmuutoksiin, eli vertaillaan märkänä sekä kuivana olevan materiaalin muodonmuutoksia ja liikkeitä. Muille luonnonkiville testit eivät ole tarpeellisia, mutta marmoreille ne on tehtävä. Marmoreille tehdään lämpötilan ja kosteuspitoisuuden vaihtelun kestävyystesti standardin SFS-EN 16306 mukaan. Laatat asetetaan osittain veteen ja lämpötilaa nostetaan korkeammaksi, minkä jälkeen mitataan testikappaleiden taivutuslujuus. Testin avulla saadaan riittävän hyvät tulokset marmorin pitkäaikaiskestävyydestä, jolla 50-vuoden käyttöikä saavutetaan. (SFS-EN 16306 2013, 5)

Lämpötilan ja kosteuspitoisuuden vaihtelun kestävyystestissä voidaan käyttää apuna UPV-laitetta (Ultrasonic Pulse Velocity) eli ultraäänipulssinopeuden mitauslaitetta, joka ilmoittaa marmorilaatan läpi kulkevan ultraäänin nopeuden. Mitä nopeampi pulssin kulku on, sitä lujempaa on testattava materiaali. UPV-laitteella pystytään helposti ja edullisesti arvioimaan jokaisen marmorilaatan taivutusvetolujuus. Testaaminen kestää vai muutaman sekunnin ja saatu äänennopeuden arvo korreloi hyvin taivutusvetolujuutta. (SFS-EN 16306 2013, 5)

TAULUKKO 2. Kivilajien ominaisuuksien vertailu.

	Lasan Bianco marmori	Kurun harmaa graniitti
Tiheys kg/m <sup>3</sup>	2701	2630
Huokoisuus tilavuus-%	0.4	0.4
Vedenimukyky paino-%	0.11	0.15
Taivutusvetolujuus Mpa	15.6	19.8
Taivutusvetolujuus pakkasykliä jälkeen Mpa	14.8	18.4
Tapinreiän murtolujuus N	1821	3450

Tiheyttä testatessa standardin EN 1936 mukaan selvitetään kivilajin tilavuuspaino, eli lasketaan kiven painon ja tilavuuden suhde, minkä avulla pystytään arvioimaan sen koostumus sekä tiiveys. Testin ensimmäisessä vaiheessa punnitaan tilavuudeltaan 60 ml oleva, kuiva kivikappale. Tämän jälkeen se asetetaan astiaan, johon lisätään painetta, jotta huokoisissa oleva ilma poistuu. Seuraavaksi astia täytetään vedellä. Viimeisessä vaiheessa kappaleet punnitaan niiden ollessa vedessä, jonka jälkeen ne nostetaan pois vedestä ja punnitaan uudelleen. Tiheys on verrallinen kappaleen huokoisuuteen: kappaleen tiheyden kasvaessa sen huokoisuus pienenee. (Mesimäki 2006, 13; SFS-EN 1936 2008, 6)

Luonnonkiven palokäyttäytymistä voidaan testata standardin EN 13501 mukaan. Testausta tulee tehdä, jos kappaleessa on yli 1 massa- tai tilavuusprosenttia

luonnonasfalttia ja jos testattavalla luonnonkivellä on palovaatimuksia käyttökoh-  
teessa. Testaus on myös tarpeen, jos luonnonkivien koloja tai halkeamia paika-  
taan orgaanisilla aineilla, joiden määrä on yli 1 massa- tai tilavuusprosenttia.  
Muulloin luonnonkivet saavat automaattisesti paloluokan A1. (SFS-EN 1469  
2015, 11)

Luonnonkiven lämpöshokin kestävyyttä voidaan testata standardin SFS-EN  
14066 mukaan. (SFS-EN 14066 2013, 7). Testiä voidaan käyttää myös marmo-  
rien värimuutosten tutkimiseen. Muutamalla valkoisella marmorilajilla, kuten  
osalla Carraran valkoisella marmorilla, on taipumusta vaihtaa väriä hieman ru-  
sehtavaan johtuen ajan kuluessa tapahtuvasta hapettumisesta. Testin avulla  
saadaan hyvin selville ne marmorilajit, joille värimuutoksia ei tapahdu. (Schouen-  
borg 2022)

Kivilajeilla testataan vedenimukykyä standardilla EN 13755. Testissä selviää, mi-  
ten paljon kivi imee itseensä vettä. Vedenimukyvyn kautta arvioidaan kiven pak-  
kasenkestävyyttä, kivipinnan värierojen muutoksia kastuessa sekä sen likaantu-  
mista. Testatessa kuiva kivikappale punnitaan, pidetään vedessä tietyn ajan ver-  
ran, minkä jälkeen se punnitaan uudestaan. Kappaleen kuivapainon ja märkäpai-  
non erotus kertoo sen vedenimukyvystä. Suuri vedenimukyky heikentää kiven  
pakkasenkestävyyttä. Suurella osalla luonnonkivistä, kuten marmorilla, arvot ovat  
alle 1 %, mutta esim. hiekkakivellä arvo voi nousta jopa 9 % materiaalin suuren  
huokoisuuden takia. (Mesimäki 2006, 13)

Kovuutta mitataan nykyisin kulutuskestävyyskokeella standardin EN 14157 mu-  
kaan. Kun puhutaan luonnonkiven kovuudesta, yleensä tarkoitetaan sen naar-  
mutuskovuutta, josta ilmenevät kappaleen kulutuskestävyys sekä lujuus. Aikai-  
semmin kivituohteilla oli käytössä Mohsin kovuusluokitus, jossa marmorin arvot  
vaihtelivat 3 ja 4 välillä (heikoin arvo 1 ja kovin arvo 10). (Mesimäki 2006, 13).  
Nykyään luonnonkivien kovuutta testataan kahdella tavalla: leveän kiekon han-  
kausmenetelmä ja Böhmen menetelmä. Molemmissa menetelmissä koekappa-  
letta hangataan kiekolla tietyn aikaa, jonka jälkeen siitä mitataan kulumien suu-  
ruus. Julkisivulaatoilla kulutuskestävyyttä ei testata. (SFS-EN 14157 2017, 5–13)

Kivikappaleille voidaan tehdä lisäksi kimmomoduulin sekä lämpölaajenemisen testit, joiden tarpeellisuudesta päättää yleensä rakennesuunnittelija. (Jokinen 2022). Kimmomoduulin testaus ei yleensä ole tarpeellista julkisivuverhouksien ominaisuuksia tutkiessa. Kimmomoduuli kertoo, miten paljon kivi puristuu kokoon kuormituksen alaisena. Mitä pienempi arvo on, sitä enemmän tapahtuu kokoonpuristumisia. Lämpölaajeneminen eli lämpömuodonmuutos on vähäistä luonnonkivillä. Kuitenkin julkisivuverhousta suunniteltaessa on hyvä testata, miten materiaali reagoi lämpötilan muutoksiin, jotta saadaan selville verhouksessa tapahtuvien liikkeiden määrä ja siten mahdollinen liikuntasauvojen tarve. (Mesimäki 2006, 14)

### 2.3 Louhinta

Marmorilajeja on monia ja niiden ominaisuudet vaihtelevat eri louhintapaikkojen mukaan. Usein samalta louhintapaikalta saadaan erinäköisiä ja -värisiä marmoreita. Kiven ulkonäköön vaikuttaa myös kivilevyn sahaussuunnat eli sahataanko kerrostumaa kohtisuoraan vai sen suuntaisesti. Marmorilajien nimissä mainitaan aina sekä louhintapaikka että väri, jolloin niiden tunnistaminen ja yksilöiminen on helpompaa. (Jokinen 2022)



KUVA 3. Mallikappaleita marmorien väriyksistä. (Lähde: Jokinen, 2022).

Marmoria voidaan louhia niin avo- kuin myös tunnelilouhimoissa. Louhimotyypin valinta riippuu suurelta osin marmorin sijaintisyvyydestä kallioperässä. Avolouhimoiden etuina ovat kivimateriaalin nopea ja helppo louhiminen, myös laitteille ja koneille on järjestettävissä vaivattomasti tilaa. Tunnelilouhinta tulee kyseeseen, kun kivimateriaali on syvemmällä ja luonnonympäristön ulkoasu halutaan säilyttää mahdollisimman alkuperäisenä. (Jokinen 2022)



KUVA 4. Lasan marmorin tunnelilouhimo (Lähde: Lasa Marmo, 2022).





KUVA 5. Avoulouhimo Kreikassa (Lähde: Dr Peter Tzeferis, 2016, [Wikimedia Commons](#), CCO).

Marmorin louhinta tapahtuu vaijeri- ja ketjusahaamalla. Sahausvaijerin materiaali on joko kovametallia tai timanttia, jolloin leikkausjäljestä tulee hyvin siisti ja kiviainesta ei joudu hukkaan. Marmorin louhinnassa hyödynnetään myös kalliooperässä olevia luonnollisia rakoja sekä halkeamia. (Jokinen 2022)

Marmorin louhinta kalliosta mahdollisimman suurina ja särmikkäinä paloina, joiden tyypillinen koko on yleensä noin 2,5 m x 1,2 m x 1,2 m. Tätäkin suurempia kappaleita tehdään. Nämä niin sanotut kiviblokit kuljetetaan louhoksesta tehtaalle jatkojalostettavaksi. Pilkottaessa kivet mitataan tarkasti, jotta laatat ovat vaadittavien mittojen mukaisia ja hukkakiven määrä on mahdollisimman pieni. (Jokinen 2022)

Euroopan tunnetuimmat marmorit löytyvät Italiasta, mutta myös Kreikassa sekä Norjassa on suuria louhintapaikkoja. Euroopan ulkopuolella mm. Yhdysvalloissa ja Aasiassa on myös marmorilouhimoita. (Francini Inc. 2017)



KUVA 6. Fabianinkatu 15, Helsinki (Lähde: Constantin Grünberg, 1958, [Wikimedia Commons](#), CCO).

Suomessa marmoria on louhittu vuosina 1764–1980 Ruskealassa, joka on entinen kunta Neuvostoliitolle luovutetussa Karjalassa. Ruskealan marmoria on käytetty myös mm. Pietarin lisakirkossa (valmistumisvuosi 1858) ja Kazanin kirkkoissa (valmistumisvuosi 1811) lattia- ja seinämateriaalina. (Lahdensivu 2013, 28.) Ilmeisesti ensimmäistä kertaa harmaavalkearaidallista Ruskealan marmoria käytettiin Suomessa 1902 valmistuneessa Helsingin Säästöpankin talossa, Fabianinkatu 15 (nyk. Korkein hallinto-oikeus). Rakennuksen marmorijulkisivu kiinnitti valmistuessaan paljon huomiota ja viestitti arvokkuutta. Varsinkin pankit suosivat luonnonkivien käyttöä julkisivujen materiaalina 1800-1900 vaihteessa. (Heikinheimo, Puranen, Pohjanpalo, Astala, Heikinheimo, Pitkäniemi-Toroska 2013, 25)

Marmoria on louhittu myös Särkisalossa, Lounais-Suomessa Förbyn louhimolla, jonka marmoria on käytetty Helsingissä sijaitsevassa, Marmoripalatsissa (1918).

Arkkitehti Eliel Saarisen Kaivopuistoon suunnitteleman rakennuksen marmorijulkisivu on kestänyt aikaa ja kulutusta erinomaisesti jo yli 100 vuoden ajan. (Luh-tala, Manninen 2012, 46–49)

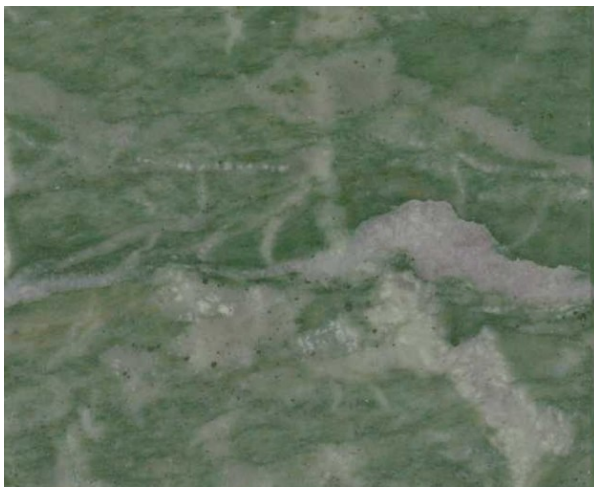


KUVA 7. Ruskealan marmori (Lähde: Daderot, [Wikimedia Commons](#), CCO).

Marmoria löytyy Suomen maaperästä hieman myös Lapin alueelta, mutta niin vähän, että marmorilouhimoita on vain muutamia. Lapin marmoria kutsutaan Kittilän vihreäksi marmoriksi, viralliselta nimeltään Lappia Green. Vähäisen marmorimäärän takia Suomeen tuodaankin suurin osa rakentamisessa käytetystä marmorista ulkomailta, kuten Italiasta.



KUVA 8. Ruskealan marmori (Lähde: Dr Tr, [Wikimedia Commons](#), CCO).



KUVA 9. Kittilän vihreä marmori, Lappia Green (Lähde: Lysippos, [Wikimedia Commons](#), CCO).

## 2.4 Historia ja käyttökohteet julkisivuissa

Marmorijulkisivujen historia on pitkä. Italian Pisan kaltevassa tornissa (1372), Taj Mahalissa (1653) ja Minnesota State Capitolissa (1905) julkisivuissa esiintyvä marmori toimii ulkoseinän kantavana osana, ei ainoastaan verhouskivenä. Taj Mahalin julkisivu on tehty 200–300 mm paksuista marmorilaatoista. Vasta 1900-luvulle tultaessa keksittiin laattakiinnitysjärjestelmät, joissa marmori toimii ainoastaan ulkoseinän julkisivuverhouksena. Marmorisia julkisivuverhouksia on käytetty niin AON Center -rakennuksessa Chicagossa, Amerikassa (1972) kuin myös Grande Arche -rakennuksessa Pariisissa, Ranskassa (1989). Rakennusten julkisivumateriaali on kuitenkin jouduttu vaihtamaan toiseen. (Grelk, Christiansen, Schouenborg, Malaga 2020, 2)

Julkisivuverhouksissa marmori tuli suomalaisille tutuksi arkkitehti Alvar Aallon arkkitehtuurin myötä 1960-luvulla. Kirjailija ja taidehistorioitsija Göran Schildt kuvaava Aallon marmorin käytön yhdistyvän antiikin kulttuuriin ja erityisesti Italiaan. Vuonna 1960 Aalto vieraili Carraran alueen kivilouhoksissa tutustuakseen eri marmorilaatuihin. Aallon perusteluina marmorin käytölle olivat paitsi sen kauneus myös sen taloudellisuus; maalaus- ja hoitokulujen jäädessä pois korvautuisivat korkeat rakennuskustannukset. (Schildt 1989, 229.) Aallon mielestä materiaalien valinnalla oli myös humanistinen ulottuvuus: rakennuksen yhteiskunnallinen tehtävä. (Schildt 1997, 270.) Carraran valkoista marmoria löytyy hänen monista merkittävistä rakennuksistaan, kuten Stora Enson vanhasta päärakennuksesta (entinen Enso Gutzeitin pääkonttori 1962) ja Wolfsburgin kirjastosta Saksassa (1962). (Mesimäki 1898, 17)



KUVA 10. Tyypillinen Carraran alueen marmori (Lähde: James St. John, [Wiki-media Commons](#), CCO).



KUVA 11. Enso Gutzeitin pääkonttorin julkisivu (Lähde: Bonin Volker von, 1977, Finna, [Wikimedia Commons](#), CCO)

60-luvulla rakennettiin muutamia muita marmorijulkisivuja. Bertel Saarnion ja Juho Leiviskän Kouvolan kaupungintalon (1968), jonka julkisivuissa oli alun perin Carraran marmoriverhous. Rakennukselle tehtiin kuitenkin julkisivukorjaus, jossa marmori vaihdettiin vuonna 2004 graniittiin. (Mesimäki 1989, 17)

Aikoinaan valtakunnan ykköskohteena olleen, Alvar Aallon suunnitteleman Finlandia-talon (1971) julkisivun Carraran marmori toimii kontrastina mustalle graniitille (Lukander, Mannervaara 2005, 113). Carraran marmorilaattoja käytettiin myös vuonna 1972 valmistuneen Hotelli Hesperian julkisivuissa (Manninen 2004). Turun keskustassa, Yliopistokadulla sijaitseva, vuonna 1975 arkkitehti Aarne Ehojen arkkitehtitoimiston suunnittelema Kivikukkaron rakennus on verhoiltu Lapin marmorilla (Brozinski & Rajala 2017).



KUVA 12. Finlandia-talon julkisivu (Lähde: Thermos, [Wikimedia Commons](#), CCO).

1980- ja 1990-luvuilla marmorin suosio alkoi hiipua eikä se saavuttanut enää samanlaista suosiota kuin edellisinä vuosikymmeninä. Marmoria käytettiin lähinnä enää vain yksityisten omistusasuntojen julkisivumateriaalina. Osasyynä tähän oli marmorin korkea hinta, mutta suurimpana syynä oli marmorin, erityisesti Carraran marmorin sopimattomuus Suomen ilmastoon. (Lukander, Mannevaara 2005, 113)

### 3 MARMORIEN HAASTEET

#### 3.1 Säänkestävyys

Hapan kaupunki- ja teollisuusilmasto himmentää huonolaatuisen marmorin kiiltoa, varsinkin kalsiittisten marmoreiden pinnoilla. Pohjoisen kaupunki-ilmaston kylmät olosuhteet altistavat marmoria syöpymiselle ja rapautumiselle, jolloin se menettää kimmoisuuttaan ja lujuuttaan. Tämä ongelma on erityisesti marmoreilla, joita ei ole testattu kestäviksi. Syöpyminen ja rapautuminen saattaa tapahtua jo parin vuosikymmenen aikana. Selkeimmin rapautumista on ilmennyt Etelä-Euroopan marmorirakenteissa ja -patsaissa viimeisen 50 vuoden aikana, jolloin ilma on happamoitunut merkittävästi. Tehdyissä tutkimuksissa ja käytännön kokeissa on huomattu, että julkisivuverhouksen marmorilaatoissa alkaa muodostua eriasiaisia muutoksia niiden ulkopuolen rakenteissa jo 10 vuodessa kaupunki-ilmastoissa, kun taas esim. graniiteilla samanlaisia vaurioita voidaan olettaa tapahtuvan vasta satojen vuosien kuluessa. (Mesimäki 2006, 16). Hyvälaatuisilla marmoreilla tilanne on kuitenkin toinen. Hyvälaatuinen marmori, kuten Lasan marmori, ei rapaudu ilmaston vaikutuksen alaisena, vaan se kestää happamat sateet sekä pakkasen. (Jokinen 2022)

Ilmastolla on vaikutusta erityisesti heikkolaatuiseseen marmoriiin, jolloin siihen syntyy palautumattomia muodonmuutoksia. Näin voi käydä esimerkiksi Carraran alueen heikkolaatuiselle marmorille, joita ei ole riittävästi testattu. (Jokinen 2022). Tällöin julkisivulaatat pyrkivät kaareutumaan huomattavasti, niiden lujuus ja kimmomoduuli pienenevät voimakkaasti ja kivimateriaali alkaa rapautua. Taipuma korostuu ohuessa ja pinta-alaltaan suuressa kivilaatassa. Haastavan tilanteesta tekee se, että taipumissuuntaa vaihtelee sattumanvaraisesti eri laatoissa, mihin ei ole löydetty selkeää syy-yhteyttä. Kuuluisin, tämän tyyppinen vauriokohde on Helsingin Finlandia-talon marmorijulkisivu, jolle on tapahtunut pahoja rapautumisia ja käyrityksiä. Finlandia-talon marmorijulkisivujen uusiminen ei helpottanut tilannetta 1990-luvulla. Myös toiselta Carraran alueen louhimolta valmistetut marmorilaatat alkoivat käyrillä ja sen seurauksena tipahdella pidikkeiltään. Tämän jälkeen kivien testaaminen on kehittynyt merkittävästi ja onnistuneita kohteita on



tehty myös Carraran alueen eräillä marmorityypeillä. (Mesimäki 2006, 16; Jokinen 2022)



KUVA 13. Finlandia-talon käyristyneet julkisivulaatat.

Muulla maailmassa samanlaisia tapauksia on useita, kuten esim. Ruotsissa ja USA:ssa. Vastaavaa julkisivulaattojen käyristymistä ei ole esiintynyt muilla kivilaajilla. (Mesimäki 2006, 16). Chicagossa sijaitsevan AON Center -pilvenpiirtäjän (1972) ja Pariisin Arche de la Defensen (1985) Carraran marmoristen julkisivuverhoukset korvattiin valkoisella graniitilla, kun laatat alkoivat käyristellä ja halkeilla. (Hester, Newlin, Jimenez & McIntosh 2009, 56–57; Stone Ideas 2020)

Oslon oopperatalon (2007) ulkolaatat alkoivat kellastua pysyvästi. Värjäytymät eivät lähteneet pois puhdistamalla. Kellastuminen aiheutuu ilmeisesti veden ja kiven haurastumisesta estävien kemikaalien yhdistelmästä. (Marvelaki, Toniolo, Gheraldi, Kapridaki & Arabatzis 2019, 1–2)

## 3.2 Esteettisyys

Marmori on ulkonäöltään erittäin kaunis julkisivumateriaali, jolla saadaan rakennukseen ripaus ylellisyyttä. Käytetyimmät marmorin värisävyt ovat hyvin vaaleita, mutta olemassa oleva väriskaala on paljon tätä laajempi. Marmorin värijuonteet tuovat julkisivuihin yksityiskohtia ja ulkonäöllistä luonnetta. Marmori myös pysyy valkoisena niin kuivana ja aurinkoisena päivänä kuin myös märkänä ja synkkänäkin päivänä. Marmori heijastaa valoa huomattavasti paremmin kuin keinotekoiset materiaalit, kuten keraamiset laatat ja keinokivet. Valkoinenkin graniitti muuttuu harmaaksi kastuessaan. (Jokinen 2022)

Marmorilla on tosin myös samoja esteettisiä haasteita kuin muillakin vaaleilla julkisivumateriaaleilla. Lika näkyy valkoisessa pinnassa paremmin, mutta riittävällä ylläpidolla julkisivu saadaan pysymään kauniina. Tarpeen mukaan kivi voidaan käsitellä suoja-aineella likaa ja graffiteja hylkiväksi. Mitä enemmän marmorissa on väri vaihteluita, sitä vähemmän lika erottuu. (Jokinen 2022)

Ennen julkisivuun asentamista marmorille, kuten muillekin luonnonkiville, tehdään yleensä pintakäsittely, jotta laatan pinta on mahdollisimman säänkestävä ja helppohoitoinen. Vaihtoehtoja on monia, mutta marmorille käyvät parhaiten mattahionta ja timanttiharjaus. (Jokinen 2022)

Marmoripintoja voidaan puhdistaa ajan saatossa tulleet liat. Marmorille on markkinoilla aivan omia puhdistusaineita. Niitä tulee testata pienellä alueella ennen käsittelyä. Puhdistusaineet eivät saa olla happamia, koska happamat tuotteet haurastuttavat marmoria. Marmorille voidaan tehdä myös soodapuhallus, jolloin pintaan puhalletaan natriumvetykarbonaattia eli ruokasoodaa. Soodapuhallus on hellävarainen menetelmä ja sillä saadaan myös kiven huokosissa syvällä olevat liat pois. (Jokinen 2022)

## 4 ONNISTUNEET MARMORIJULKISIVUT

### 4.1 Lasan marmori

Vaikka marmorilla on ollut erilaisia haasteita ja ongelmia ajansaatossa, löytyy sen historiasta myös onnistuneita julkisivuratkaisuja. Erityisesti Italian Lasasta saatavat marmorilaatat ovat toimineet moitteettomasti rakennusten julkisivuissa niin Euroopassa kuin myös Yhdysvalloissa. Ruotsin tutkimuslaitos RISE on testannut Lasan marmoria jo yli vuosikymmenen ajan, ja tehdyissä tutkimuksissa on huomattu, miten kyseinen marmorilaatu on kestänyt hyvin ajan saatossa erilaisia ilmasto- ja sääoloja. (Grelk, Schouenborg 2020)

Esimerkiksi Greenwichissä, Connecticutin osavaltiossa sijaitsevan entisen tupakkatehtaan (1970) Lasan marmorilaatat ovat kestäneet julkisivuissa jo yli 50 vuotta, vaikka Greenwichin ilmasto on Suomen kaltainen. Laattoihin ei ole tullut käyrityksiä tai muita ulkonäön muutoksia, mikä kertoo hyvin Lasan marmorin kestävyydestä. (Grelk, Schouenborg 2020)



KUVA 14. Entinen tupakkatehdas (Lähde: Lasa marmo, 2022).

Toinen kiinnostava kohde on Silandron sairaala Pohjois-Italiassa (KUVA 13). Sairaalan julkisivuissa on ollut Lasan marmoriverhous jo vuodesta 2000 lähtien, eikä kyseisen kohteen laatoissa ole tapahtunut muodonmuutoksia, vaikka alueen säätilat ovat hyvin vaihtelevat. Silandrossa vuorokauden keskilämpötilat vaihtelevat  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  ja  $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$  välillä, joka on samaa luokkaa kuin Helsingissä. Alueella sataa vettä vuoden ympäri, mutta kuivimmat kuukaudet osuvat talvelle. Kasvillisuusvyöhykkeeltään Silandro on tundraa, jolloin puuton alue ei tarjoa rakennuksille laisinkaan tuulisuojaa. (Best time to visit 2022)



KUVA 15. Silandron sairaala (Lähde: Lasa marmo, 2022).

## 5 MARMORIJUKISIVUN SUUNNITTELU

### 5.1 Määräykset ja ohjeet

#### 5.1.1 Luonnonkivijulkisivujen yleiset vaatimukset

Kivituotteilla ei saa olla ulkonäköä eikä käyttökelpoisuutta huonontavia virheitä, kuten halkeamia ja rapautumia. Kuitenkin niillä saa olla luonteenomaisia väri- ja kuviovaihteluita, jotka määritellään etukäteen suunnitelmissa. Työstämisen jäljiltä tuotteen pintaan ei saa jäädä metallipölyä tai -hiukkasia, koska vaarana on sen värjäytyminen. Virallisissa tutkimuksissa selvitettyt kivituotteiden ominaisuudet tulee osoittaa rakennuttajalle. Laattoja mitoittaessa on otettava huomioon niihin kohdistuvat rasitukset, joten laattojen mitoissa sallitaan vain sellaisia poikkeamia, jotka eivät ole esteenä niiden kiinnittämiselle. Kivilaattojen mittatarkkuuden on oltava niin hyvää, että vierekkäisten laattojen välille ei synny paksuusvaihtelua tai hammastusta. (SFS-EN 1469 2015, 4)

#### 5.1.2 Marmorilaattaverhoukselle asetetut vaatimukset

Julkisivulaattojen paksuuksien, leveyksien sekä reunakiinnityksien mittapoikkeamille on asetettu vaatimuksia. Verhouslaattojen paksuuksissa sallitaan poikkeamat, jotka eivät vaikuta laattojen takana olevaan tuuletusväliin tai kiinnikkeiden toimintaan. (SFS-EN 1469 2015, 7)

TAULUKKO 3. Julkisivulaattojen paksuuspoikkeamat (Viite: SFS-EN 1469).

Nimellispaksuus, mm	Sallittu mittapoikkeama
> 12 ja ≤ 30	± 10 %
> 30 ja ≤ 80	± 3 mm
> 80	± 5 mm

Laattojen pituuksien sallitut mittapoikkeamat voivat olla vain vähäisiä, koska marmorilaatan saumojen suorat linjat ovat ulkonäölle oleellisia. Sauman leveys ei saa

häiritsevästi muuttua, jotta verhouksen ulkonäkö pysyy toivottuna. (SFS-EN 1469 2015, 7)

TAULUKKO 4. Julkisivulaattojen pituuspoikkeamat (Viite: SFS-EN 1469).

Sahattujen reunojen paksuus, mm	Sallittu mittapoikkeama, mm	
	Nimellispituus < 600 mm	Nimellispituus ≥ 600 mm
≤ 50 mm	± 1 mm	± 1,5 mm
> 50 mm	± 2 mm	± 3 mm

Marmorilaattojen reunakiinnityksessä on otettava huomioon kiinnitystapin reikien sijainnit. Niille sallitaan erittäin vähäiset mittapoikkeamat, jotta reunakiinnitys onnistuu kantavaan runkoon ja jotta liittyminen toiseen reunalataan sopii täydellisesti. (SFS-EN 1469 2015, 8)

TAULUKKO 5. Julkisivuverhouslaattojen reunakiinnityksen tapinreiän sijainnin mittapoikkeamat (Viite: SFS-EN 1469).

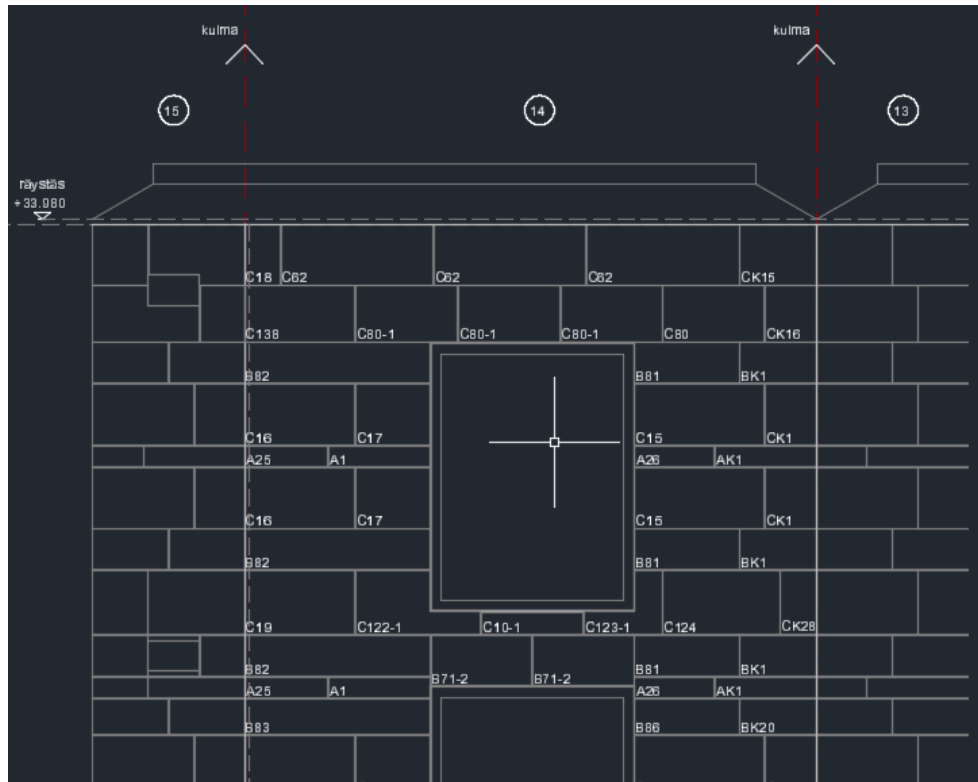
Tapinreiän sijainti	Sallittu mittapoikkeama
Leveyden mukaan mitattu	± 2 mm
Paksuuden mukaan mitattu	± 1 mm
Syvyys	+ 3 ... - 1
Halkaisija	+ 1 ... - 0,5

Laattojen asennusta suunniteltaessa on hyvä muistaa käyttää ruostumattomasta teräksestä valmistettuja kiinnikkeitä. Koska marmorijulkisivu on tuulettuva, on myös verhouksen ylä- ja alaosissa oltava tuuletusraot. Tuuletusväli on toteutettava niin, että esim. sade ja muu kosteus ei pääse siirtymään seinärakenteeseen. (SFS-EN 1469 2015, 8)

## 5.2 Kiviladontakaavio

Jokaiselle julkisivulle on hyvä suunnitella kiviladontakaavio (KUVA 21), josta on nähtävissä laattojen koot sekä niiden sijoittelu. Laatat sahataan tehtaalla haluttuun mittaan, jolloin työmaalla syntyvä hukka saadaan mahdollisimman pieneksi.

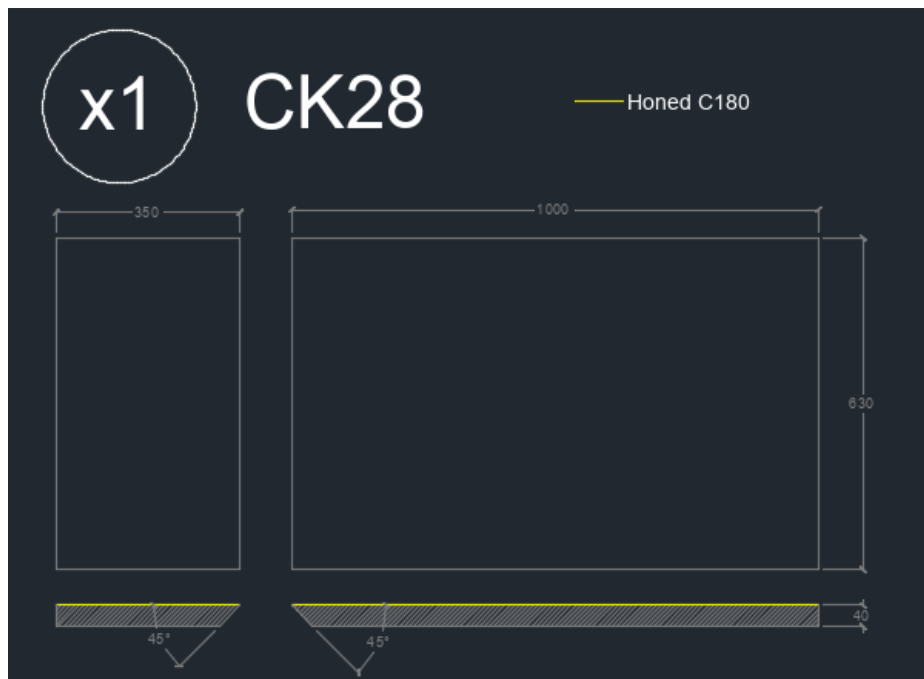
Kiviladontakaaviosta on paljon hyötyä kohteissa, joissa julkisivuun asennetaan monia erikokoisia ja -mallisia laattoja. Jokainen laatta merkitään kirjain- ja numerokoodilla, jolloin asennettaessa laatat on helppo erottaa toisistaan. (Jokinen 2022)



KUVA 16. Julkisivun kiviladontakaavio (Lähde: Jokinen 2022).

### 5.3 Yksittäisen julkisivulaatan työkuva

Jokaisesta laattatyypistä tehdään työkuva (KUVA 22), josta selviää laatan tarkat mitat. Kulmalaatan työkuvaan merkataan sen viisteet ja viisteiden suuruus. Kullekin laattatyypille annetaan kirjain- ja numeroyhdistelmä sekä kerrotaan kunkin laattatyypin kokonaismäärä. Työkuviin merkitään myös laatalle tuleva pintakäsittely, mikä helpottaa valmistajan työtä. (Jokinen 2022)



KUVA 17. Työkuva yksittäisestä laatasta (Lähde: Jokinen 2022).

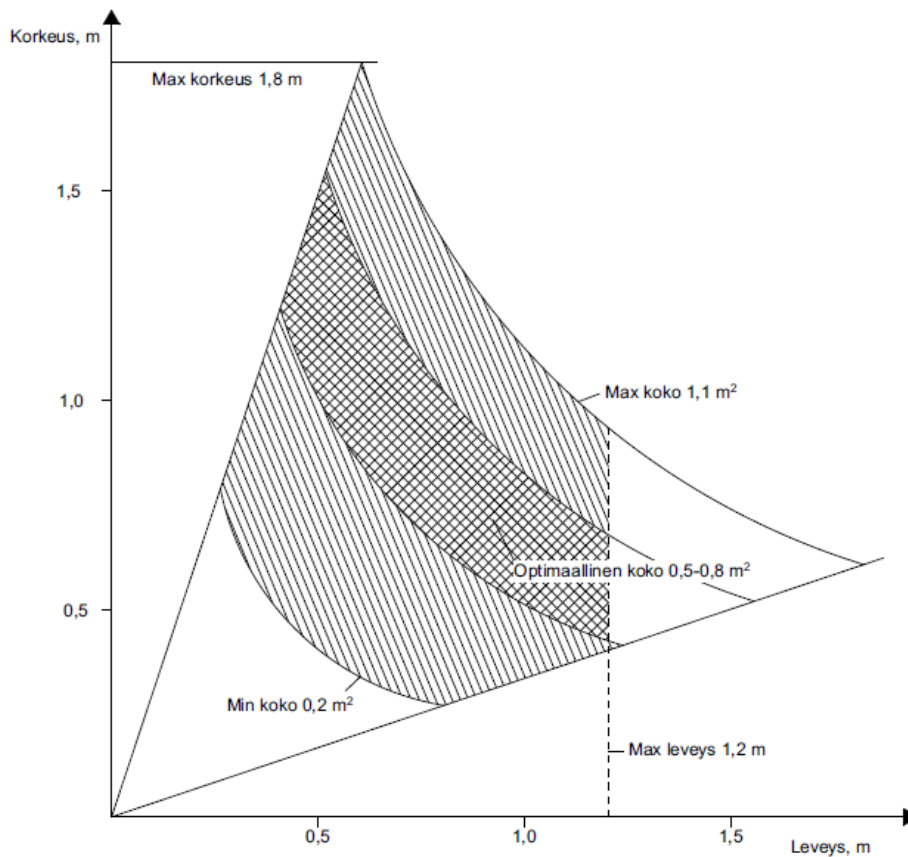
#### 5.4 Laattojen mitoitus

Mitoituksessa kannattaa huomioida laattakoko: mitä suurempi laatta on, sitä painavampi ja sitä haastavampaa on sen asentaminen. Suuri laatta vaatii usein asennukseen erityisiä kiinnikkeitä ja nostolaitteita. Myös liian pienet laatat aiheuttavat asennusongelmia, koska laattakiinnikkeitä tarvitaan enemmän. Laattakoon pienentyessä laattojen määrä per neliometri kasvaa, jolloin kiinnikkeitä tarvitaan myös enemmän. Valmistustavat, laattojen hallinta asentaessa ja kiinnityksen mitoitus edellyttävät, että laattojen pinta-ala ei saa ylittää 1,0–1,1 m<sup>2</sup>. Taloudellisin ja asennukseltaan helpoin laattakoko on 0,5–0,8 m<sup>2</sup>. Laattojen enimmäiskorkeus ei saa ylittää 1,8 metriä. Korkeus voi olla maksimissaan 3 x laatan leveys. Pieni- millään, erityistapauksissa marmorilaatan sivumitan tulee olla vähintään 100 mm. Laatan kokoa ja paksuutta määriteltäessä tulee huomioida myös tuulikuorma ja kiinnitystapa. (Jokinen 2022)

Useimmat kiinnitysjärjestelmät toimivat parhaiten laatan paksuuksien ollessa 30–50 mm. Euroopassa käytetään 30 mm:n laattapaksuuksia, kun taas Yhdysvalloissa laatat ovat paksuudeltaan 50 mm. Tämä tulee ottaa huomioon, kun laattoja



testataan, koska standardien mittatulokset on usein saatu 30 mm paksuilla laatoilla. Ikkunoiden ja ovien ympärille voidaan suunnitella erilliset kehyskivet. (Jokinen 2022)



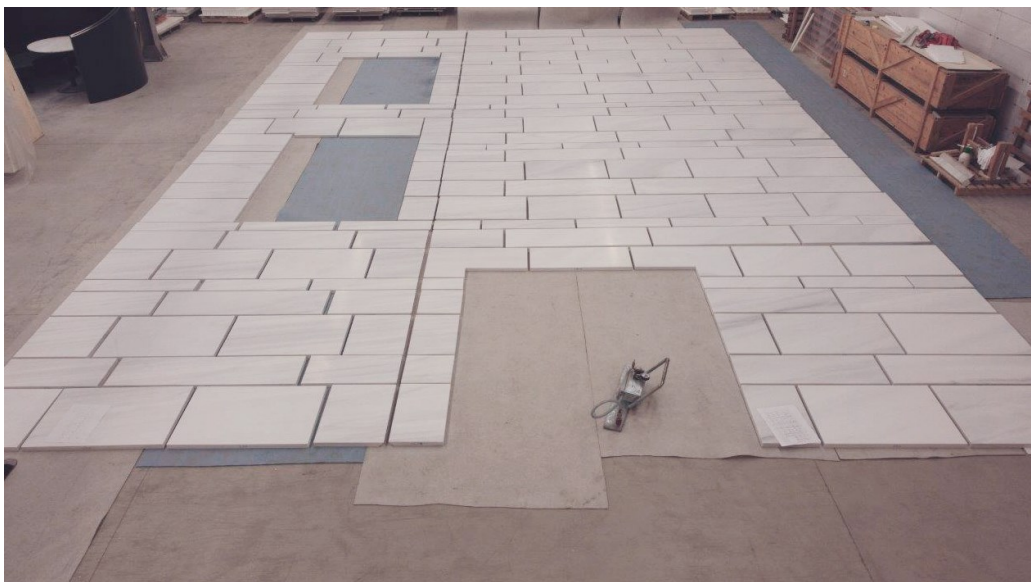
KUVA 18. Laatan mittojen suositellut koot (Viite: Sveriges Stenindustriförbund 2011).

Ennen laattojen tilaamista työmaalle suunnittelijan on hyvä tilata kivitoimittajalta laattojen vertailu- ja tuotantonäytteet, joita tutkitaan luonnonvalossa noin kahden metrin etäisyydeltä. Vertailunäytteet ovat valmistajan toimittavia laattoja, joista selviää marmorilaatan ulkonäön yleiskuva. Tuotantonäytteet taas ovat tilaajan asettamien kriteereiden, kuten värin, mukaisia mallilaattoja. Näitä vertaillessa tilaajan on helppo huomata laattojen eroavaisuudet ja ominaisuudet. (Jokinen 2022)



KUVA 19. Projektikohtainen vertailunäyte, kivenä Lasa Nuvolato. (Lähde: Jokinen 2022).

Kiviblokkien irrottamisen, laattojen sahaamisen ja laattanäytteiden tutkimisen jälkeen valituista laatoista tehdään vielä tarvittaessa projektikohtainen ladontamalli eli drylayout, jossa julkisivulaatat asetellaan lattiatasolle ladontakaavion mukaiseen järjestykseen. Ladontamallin avulla pystytään vielä tarkentamaan julkisivuun tulevien yksityiskohtien, esim. laatoissa olevien tummien juovien, sijainnit sekä vaihtamaan eriväriset ja kelpaamattomat laatat toisiin. (Jokinen 2022)



KUVA 20. Projektikohtainen ladontamalli, drylayout. (Lähde: Jokinen 2022).

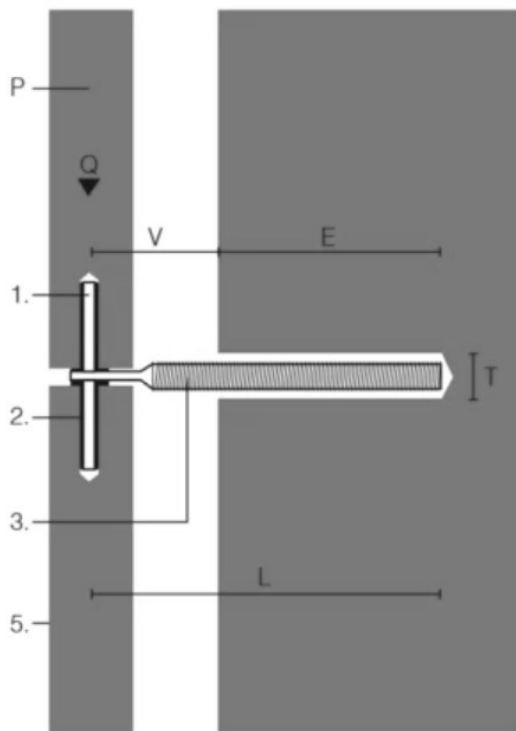
## 6 ASENNUS JA KIINNITYS

### 6.1 Asennusjärjestelmät

Työmaalle laatat toimitetaan joko valmiiksi mitoitettuina tai ne leikataan oikeisiin mittoihin vasta paikan päällä. Marmorijulkisivussa voidaan käyttää erilaisia kivi-kiinnitysjärjestelmiä. Laatat kiinnitetään aina mekaanisella ankkurointijärjestelmällä, esimerkiksi ECO 1 -järjestelmällä. Kiinnikkeet voivat olla kiven kyljessä tai kiven taustalla. Pienille, alle 40 cm korkeille kiville on kehitetty kiskokiinnitysjärjestelmä ECO-kivikisko. (Jokinen 2022)

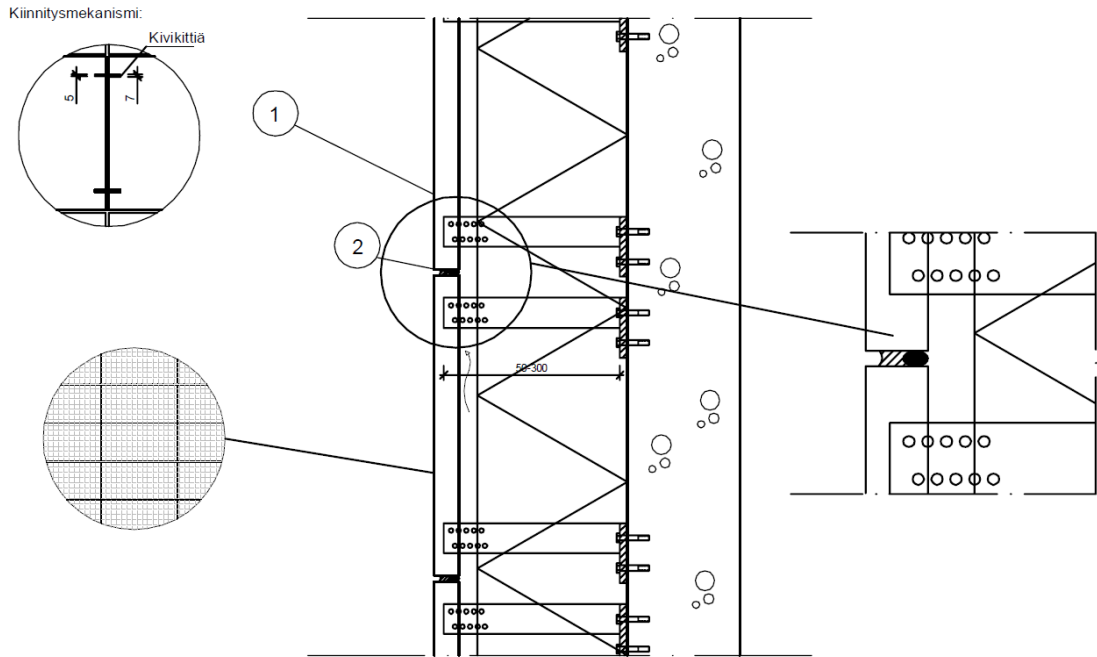


KUVA 21. Kivikisko ECO pienille kivilaatoille. (Lähde: Jokinen 2022).



KUVA 22. Mekaaninen ECO 1 kiinnike. (Lähde: Jokinen 2022).

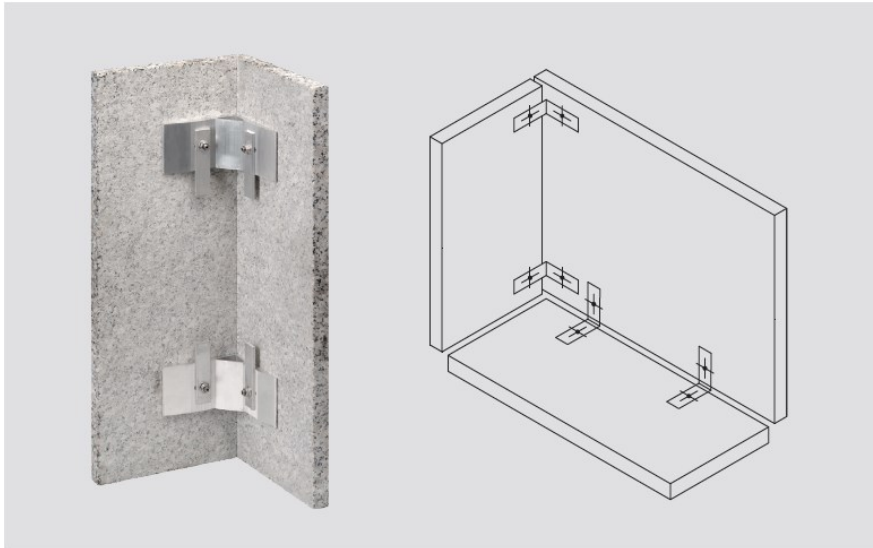
Ankkurointijärjestelmä ECO 1 (KUVA 22) toimii parhaiten seinissä, joissa julkisivuverhouksen ja kantavan rakenteen välissä ei ole lämmöneristettä. Kivet kiinnitetään tällöin suoraan betoniin, esim. sandwich-elementin pintaan. Marmoriverhoukset tehdään aina tuulettuvan, ja tuuletusraon leveys on tyypillisesti 30–40 mm. Järjestelmässä kunkin laatan kohdalle kantavaan runkoon ruuvataan neljä tappia, joiden toisessa päässä ovat laattakiinnikkeet. Kiinnikkeet sovitetaan laatan ylä- ja alapuolella oleviin reikiin, jolloin se pysyy tukevasti kiinni. Laattojen kiinnitys varmistetaan kivikitillä, joka sitoo laatan tiukasti ankkuriin. Vain toiseen kiinnikkeeseen laitetaan kivikittiä, jotta laatat pystyvät vielä tarvittaessa liikkumaan esim. lämpömuodonmuutosten takia. Toiseen reikään asennetaan nylon tulppa. (Jokinen 2022)



KUVA 23. Konsolikiinnitys, pystyleikkaus (Lähde: Jokinen 2022).

Konsolikiinnitysjärjestelmässä, toiselta nimeltään puukkokiinnitysjärjestelmässä, (KUVA 23) kiinnityspidikkeet asennetaan lämmöneristeen läpi kantavaan runkoon. Metallipidikkeisiin asennetaan vaakasuuntaiset tapit, jotka kiinnitetään laatan sivuilla oleviin reikiin. Kiinnikkeissä on säätövarat, jolloin laatan ja eristeen väliin saadaan tarvittava tuuletusväli. (Jokinen 2022)

Julkisivuverhouksen kulmiin asennetaan kulmavahvikkeet, jotka porataan laattojen sisäpuolelle, noin puoleen väliin laatan paksuudesta. Kiviverhouksen kulmat voidaan tehdä jirattuna tai puskuun. Liitos vahvistetaan mekaanisilla ankkureilla tai se voidaan liimata epoksilla ja kulmavahvikkeilla. (Jokinen 2022)



KUVA 24. Mekaaninen kulmaliitos Keil. (Lähde: Jokinen 2022).

## 6.2 Saumaus

Laattojen tyypillisin saumaleveys on 10 mm, mutta saumaus onnistuu myös 8 mm leveällä saumalla. Laattojen 10 mm:n levyiseen saumaan voidaan asentaa solukuminauha, joka peitetään luonnonkiville sopivalla, elastisella saumausaineella, kuten esim. Ottoseal S70. Saumauksessa tulee huomioida saumausaineen sopivuus marmorilaatan kanssa, koska öljypohjaiset saumausaineet eivät sovellu marmoreille niiden aiheuttaessa värjäytymistä.

Sauma-ainetta asennettaessa on oltava tarkkana lämpötilan kanssa, jotta se kiinnittyy laattoihin oikein. Saumausta tehdessä optimaalinen lämpötila on 5–20 °C välissä ja lämpötilan laskiessa alle 5 °C, noudatetaan talvisaumausohjeita. Laattojen välissä olevat avonaiset saumat toimivat liikuntasaumoina.

Laattoihin voidaan myös tehdä ns. ”valesauma”, jolla saadaan erilaista laattajakoja julkisivuun ilman, että julkisivuun tulisi montaa erikokoista laattaa. Valesaumot tehdään laattoihin poraamalla urat sauman kohdalle ilman, että laattoja sahattaisiin pienempiin mittoihin. Tällä tavalla pystytään säästämään kustannuksissa, kun esim. kiinnikkeitä ei tarvita niin paljoa. (Jokinen 2022; RunkoRYL 2010, 300)

## 7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kattava ja aiheeseen perehtyvä suunnitteluohje, joka helpottaa suunnittelijoiden työtä niin marmorin valinnassa, verhouksen suunnittelussa sekä sen asentamisessa. Opinnäytetyön tavoitteena oli myös tuoda esille marmorien ominaisuuksia, historiaa sekä perehtyä marmorien haasteisiin ja onnistuneisiin ratkaisuihin, jotta suunnitteluprosessin taustalla olisi mahdollisimman perusteellinen tietopaketti.

Opinnäytetyön haasteena oli laattamaista julkisivuverhouksesta käsittelevän tiedon rajallisuus. Aiempia suunnitteluohjeita ei ole saatavilla, joten tieto kerättiin pääasiassa ammattilaisilta ja tutkijoilta haastattelemalla. Myös marmoria käsittelevä kirjallisuus on vähäistä tai marmoria sivutaan hieman muiden kivilajien lomassa. Vanhentunutta tietoa on tarjolla paljon, mikä johtuu marmorien vähentyneestä käytöstä julkisivumateriaalina viimeisen 30 vuoden aikana.

Eri marmorilaatujen tarjonta on laajentunut ja myös julkisivuissa kestäviä marmorilaattoja on saatavilla. Voidaan olettaa, että marmorijulkisivuverhousten määrä tulee kasvamaan lisääntyneen tutkimustiedon ja onnistuneiden esimerkkikohteiden kautta, joten suunnitteluohjeellekin on kysyntää.

Suunnitteluohjeen on tarkoitus tulla opinnäytetyön tilaajan käyttöön, mutta tieto tulee myös julkiseksi tämän opinnäytetyön kautta muillekin asiasta kiinnostuneille.

## LÄHTEET

Brozinski, A., Rajala K. 2017. Kivikukkaro. Viitattu 5.5.2022 <http://kivikierros.com/index.php/kivikukkaro>

Francini Inc. 2017. Where in the world are the most quarries? Viitattu 6.5.2022. <https://francinimarble.com/blog/articleid/74/where-in-the-world-are-the-most-quarries>

Grelk, B., Christiansen, C., Schouenborg, B., Malaga, K. 2007. Durability of Marble Cladding – A Comprehensive Literature Review. Florida: ASTM International. Viitattu 28.4.2022. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:963845/FULLTEXT01.pdf>

Heikinheimo, M., Puranen, M., Pohjanpalo, E., Astala, E., Heikinheimo, S., Pitkäniemi-Toroska, S. 2013. Fabianinkatu 15 – Rakennushistoriallinen selvitys. Viitattu 14.5.2022. Helsinki: Arkkitehtitoimisto ark-byroo. [https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/3165-2013\\_ark-byroo\\_Hki\\_KHO\\_Fabianinkatu\\_15\\_RHS\\_web.pdf](https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/3165-2013_ark-byroo_Hki_KHO_Fabianinkatu_15_RHS_web.pdf)

Hester D., Newlin J., Jimenez G., McIntosh, L. 2009. Thin Marble Façades: History, Evaluation and Maintenance. Texas: Walter P. Moore and Associates, inc. Viitattu 28.4.2022. <https://iibec.org/wp-content/uploads/2016/04/2009-BES-heister-newlin-jimenez-mcintosh-blank.pdf>

Jokinen, A. myyntijohtaja Liuskemestarit Oy. Haastattelu 1.4.2022, 8.4.2022, 28.4.2022, 11.5.2022, 19.5.2022 ja 26.5.2022. Haastattelija Ritola, E. Tampere.

Lahdensivu, J. 2013. Luonnonkiviverhotut massiivitiilirakennukset Suomessa. Viitattu 23.4.2022. <https://journal.fi/tekniikanwaiheita/article/view/64067>

Luhtala, J., Manninen, M. 2012. Marmoripalatsi – Rakennushistoriaselvitys. Viitattu 10.5.2022 [https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/3160-2012\\_Schulman\\_Hki\\_Marmoripalatsi\\_RHS.pdf](https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/3160-2012_Schulman_Hki_Marmoripalatsi_RHS.pdf)

Lukander, M., Mannevaara, M. 2005. Finlandia-talon rakennushistoriaselvitys. Helsinki: arkkitehtuuri- ja muotoilutoimisto talli oy. Viitattu 10.3.2022. [https://www.finlandiatalo.fi/app/uploads/2020/10/finlandia-talo\\_rakennushistoriaselvitys.pdf](https://www.finlandiatalo.fi/app/uploads/2020/10/finlandia-talo_rakennushistoriaselvitys.pdf)

Manninen, A. 2004. Kun graniitti korvasi marmorin. Luettu 17.5.2022 <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000004275296.html>

Maravelaki, P., Toniolo, L., Gheraldi, F., Kapridaki, C., Arabatzis, I. 2019. The Oslo Opera House – Condition Analysis and Proposal for Cleaning, Protection and Maintenance of Exterior Marble. Sveitsi: Springer Nature Switzerland. Viitattu 28.4.2022. [http://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/35234/2/\\_network.uni\\_staff\\_S1\\_fgherardi\\_Downloads\\_AS7302106725744641551107199014\\_content\\_1.pdf](http://eprints.lincoln.ac.uk/id/eprint/35234/2/_network.uni_staff_S1_fgherardi_Downloads_AS7302106725744641551107199014_content_1.pdf)



Mesimäki, P., Harmaajärvi, R. 1989. Luonnonkivet ja julkisivut. Hanko: Hangon kirjapaino Oy.

Mesimäki, P. 2006. Luonnonkivirakenteiden suunnitteluohje. 4. korj. painos. Helsinki: Kiviteollisuusliitto.

Quarra stone company. 2019. The right Marble – Quarra stone. Youtube-video. Julkaistu 15.7.2019. <https://www.youtube.com/watch?v=xPsThE0ev0w>

RT 30-10314. 1986. Luonnonkivet, suomalaiset rakennuskivet. Helsinki: Rakennustieto Oy. Luettu 9.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2030-10314>

RT 82-11015. 2010. Luonnonkivijulkisivut. Helsinki: Rakennustieto Oy. Luettu 9.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2082-11015>

RunkoRYL. 2010. Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Helsinki: Rakennustieto Oy. Luettu 10.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%2014-11016>

Sveriges Stenindustriförbund 1991. Skannattu 2011. Natursten, fasader 3. Viitattu 20.5.2022. <https://www.sten.se/wp-content/uploads/2019/06/Stenhandboken-Fasader-H%C3%B6gUppL%C3%B6st.pdf>

Schildt, G. 1989. Inhimillinen tekijä: Alvar Aalto 1939-1976. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otavan painolaitokset.

Schildt, G. 1997. Näin puhui Alvar Aalto. Keuruu: Kustannusosakeyhtiö Otavan painolaitokset.

Schouenborg, B. vanhempi tutkija RISE. Haastattelu 20.5.2022. Haastattelija Jokinen, A., Rummukainen, N.

Schouenborg, B., Grell, B. 2020. Quality Assurance Program for Finlandia Hall's Façade. Borås: RISE Research Institutes of Sweden AB. Luettu 23.3.2022. Julkaisematon. Opinnäytetyön tekijöiden hallussa.

Selonen, O. 2004. Luonnonkiven louhinta ja sen vaikutus ympäristöön. Helsinki: Kiviteollisuusliitto ry. Luettu 10.3.2022. <https://kivi.info/wp-content/uploads/2019/10/Luonnonkiven-louhinta.pdf>

SFS-EN 1469. 2015. Luonnonkivituotteet. Verhoukseen tarkoitetut luonnonkivi-laatat. Vaatimukset. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 17.3.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/355034.html.stx>

SFS-EN 1936. 2008. Luonnonkivien testausmenetelmät. Tiheyden ja suhteellisen tiheyden sekä huokoisuuden ja avoimen huokoisuuden määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 26.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/106097.html.stx>

SFS-EN 12371. 2012. Natural stone test methods. Determination of frost resistance. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 26.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/181865.html.stx>

SFS-EN 12372. 2022. Natural stone test methods. Determination of flexural strength under concentrated load. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu 19.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/1102248.html.stx>

SFS-EN 13364. 2002. Luonnonkivien testausmenetelmät. Tapinreiän murtolujuuden määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 26.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/6289.html.stx>

SFS-EN 13755. 2010. Natural stone test methods. Determination of water absorption at atmospheric pressure. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 27.6.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/138810.html.stx>

SFS-EN 14066. 2013. Natural stone test methods. Determination of resistance to ageing by thermal shock. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 27.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/232431.html.stx>

SFS-EN 14157. 2017. Natural stone test methods. Determination of the abrasion resistance. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Luettu 27.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/551304.html.stx>

SFS-EN 14579. 2005. Luonnonkivien testausmenetelmät. Äänen etenemisnopeuden määrittäminen. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 19.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/8030.html.stx>

SFS-EN 16306. 2013. Natural stone test methods. Determination of resistance of marble to thermal and moisture cycles. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. Viitattu 19.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://sales.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/226749.html.stx>

Stone Ideas. 2020. At the Grande Arche de la Defense in Paris, Carrara marble façade panels were replaced with Bethel White granite from the US. Viitattu 22.5.2022 <https://www.stone-ideas.com/80329/grande-arche-de-la-defense-granite-instead-of-marble/>

Suomen sotahistoriallinen seura ry. 2017. Marmorilouhos Ruskealassa. Viitattu 5.5.2022. <https://www.sotahistoriallisetkohteet.fi/app/sights/view/-/id/131/country/9/area/70/>