

Mirva Kleemola

Olavinlinnan Paksun bastionin holvatut ampuma-aukot

Dokumentointi, vauriokartoitus ja konservointisuunnitelma

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Kulttuurialan yksikkö

Konservoinnin koulutusohjelma

Rakennuskonservoinnin suuntautumisvaihtoehto



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Kulttuurialan yksikkö

Koulutusohjelma: Konservoinnin koulutusohjelma

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennuskonservoinnin suuntautumisvaihtoehto

Tekijä: Mirva Kleemola

Työn nimi: Olavinlinnan Paksun bastionin holvatut ampuma-aukot

Ohjaajat: Janne Jokelainen ja Johanna Nordman

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 57

Liitteiden lukumäärä: 3

Työn tavoitteena oli Savonlinnassa sijaitsevan Olavinlinnan Paksun bastionin ensimmäisen ja toisen kerroksen holvattujen ampuma-aukkojen kunnon selvittäminen.

Opinnäytetyöprosessi lähti liikkeelle tutustumalla Olavinlinnan sekä Paksun bastionin historiaan ja rakennusvaiheisiin sekä dokumentoimalla ja tekemällä vauriokartoitus Paksun bastionin ampuma-aukoista. Kohteesta tehtyjen dokumenttien pohjalta selvisi ampuma-aukkojen tyypilliset vauriot jotka on käyty työssä läpi. Jotta vaurioiden aiheuttajat saatiin selville piti ensin perehtyä ampuma-aukkoja ympäröivään muurirakenteeseen ja itse tiiliholveihin niin rakenteen kuin materiaalinkin osalta. Työn lopussa on esitetty toimenpiteet, joiden avulla ampuma-aukkojen vaurioitumista voidaan, jos ei pysäyttää, niin ainakin hidastaa merkittävästi.

Avainsanat: Olavinlinna, Paksu bastioni, ampuma-aukko, vauriot, konservointisuunnitelma.

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Thesis abstract

Faculty: School of Culture and Design
Degree programme: Conservation
Specialisation: Building Conservation

Author: Mirva Kleemola

Title of thesis: Arched loopholes in Bastion Dick in St. Olaf's Castle

Supervisors: Janne Jokelainen and Johanna Nordman

Year: 2010

Number of pages: 57 Number of appendices: 3

The purpose of this thesis was to investigate the condition of arched loopholes in Bastion Dick in St. Olaf's Castle which is located in Savonlinna. The first step was to get familiar with the construction history of St. Olaf's Castle and the Bastion Dick. Documentation and damage evaluation of the loopholes was also performed. After this investigation the type of damage these loopholes have suffered became clear. In order to find out the causes for the damage it was reasonable to familiarize with the composition and structure of brick vaults and the walls surrounding the loopholes. Necessary steps for stopping or at least significantly slowing the decay are presented at the end of the thesis.

Key words: St. Olaf's castle, Bastion Dick, loophole, damages, conservation

SISÄLTÖ

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ.....	2
THESIS ABSTRACT	3
SISÄLTÖ	4
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET	6
1 JOHDANTO	7
2 OLAVINLINNA	8
2.1 Olavinlinna ja nykyaika.....	8
2.2 Olavinlinnan historiaa ja rakennusvaiheita	9
3 PAKSU BASTIONI	15
3.1 Paksu bastioni rakennettiin 1790-luvulla	15
3.2 Kuvailu	16
4 VALUMUURI	18
4.1 Rakenne.....	18
4.2 Vaurioituminen	19
4.3 Korjaaminen	19
5 HOLVATUT AMPUMA-AUKOT.....	22
5.1 Holvirakenne	22
5.2 Tiili.....	23
5.2.1 Tiilen historiaa Suomessa	23
5.2.2 Tiilen valmistaminen ennen koneellista tuotantoa.....	24
5.3 Laasti	25
5.3.1 Kalkkilaasteista	25
5.3.2 Olavinlinnan aikaisemmissa korjauksissa käytettyjä laasteja.....	26
5.3.3 Olavinlinnan vanhojen laastien tutkimukset	27
6 DOKUMENTOINTI JA VAURIOIDEN KIRJAAMINEN	29
6.1 Ampuma-aukkojen ulkoseinään aukeavien osien piirustukset	31
6.2 Holvikaarten piirustukset	32
6.3 Vaurioiden seuranta ja kipsisiltojen käyttö	33
7 AMPUMA-AUKKOJEN VAURIOT	35
7.1 Halkeamat.....	35

7.2	Vesiliukoisten suolojen aiheuttamat vauriot	38
7.3	Liian kovan korjauslaastin tiilelle aiheuttamat vauriot.....	40
7.4	Pakkasrapautuminen	42
7.5	Biologiset rapauttajat.....	43
7.6	Kalkkikuoren muodostuminen	44
8	KONSERVOINTISUUNNITELMA	46
8.1	Alustus	46
8.2	Ampuma-aukkojen konservointisuunnitelma vauriokartoituksen ja rakennustapaselostuksen pohjalta	47
8.2.1	Korjaustyön dokumentointi.....	47
8.2.2	Halkeamat.....	48
8.2.3	Vesiliukoisten suolojen aiheuttamat vauriot	49
8.2.4	Liian kovan korjauslaastin tiilelle aiheuttamat vauriot.....	49
8.2.5	Pakkasrapautuminen	50
8.2.6	Biologiset rapauttajat	50
8.2.7	Kalkkikuoren puhdistaminen	51
8.2.8	Korjaustiilien valinta	51
8.2.9	Ampuma-aukkojen pohjaan tulevat pellitykset	52
8.3	Tehtyä ja tekemätöntä – ampuma-aukkojen korjaukset syksyn 2009 ja talven 2010 aikana	52
	KUVALUETTELO	57

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Bastioni	Linnoituksen ympäröivän kulmiin rakennettu ja siitä ulkoneva viistokulmainen varustus, johon tuliaseet sijoitettiin (Virtanen ym. 1991, 125).
Kasematti	Osuman kestävä linnoituksen miehistösuoja, ase- tai ammusvarasto (Virtanen ym. 1992, 46).
Kurtiini	Muuri tai rakennus, joka yhdistää kaksi bastionia (Linnoitusnimistöä).
Rondelli	Pyöreä tykkitorni (Laamanen & Prusi 2004, 12).

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön kohteena on Savonlinnassa sijaitsevan Olavinlinnan Paksun bastionin ampuma-aukot. Työhön kuuluu ampuma-aukkojen dokumentoinnin, vauriokartoituksen ja konservointisuunnitelman tekeminen. Sain työn aiheen Museoviraston rakennushistorian osastolta. Työ oli ajankohtainen, sillä syksyllä 2009 kun aloitin ampuma-aukkojen dokumentoinnin, Olavinlinnassa aloitettiin Paksun bastionin valumuurin ja ampuma-aukkojen kunnostustyöt. Muurinkorjaustyöt toteutti paikallinen urakoitsija ja ampuma-aukkoja korjasi kaksi rakennuskonservaattoria. Ampuma-aukkojen lisäksi katsoin tarpeelliseksi käsitellä työssäni myös niitä ympäröivää valumuurirakennetta sillä valumuuri ja ampuma-aukot toimivat yhdessä rakenteena. Olen opinnäytetyössäni keskittynyt vain ensimmäisen ja toisen kerroksen ampuma-aukkoihin ja jättänyt käsittelemättä bastionin ylimmän ampumatasanteen. Työni pääpaino on ampuma-aukkojen vaurioiden tarkastelussa. Aihetta olen pohtinut koittaen löytää vastauksia muun muassa seuraaviin kysymyksiin: Millaisia vaurioita ampuma-aukoissa on? Ovatko vauriot pysähtyneet vai jatkuvatko ne yhä? Millaiset olosuhteet aiheuttavat vaurioita ja miten olosuhteita voidaan parantaa, jotta korjaamisen jälkeen ampuma-aukot säilyisivät hyväkuntoisina mahdollisimman pitkään?

2 OLAVINLINNA

2.1 Olavinlinna ja nykyaika



KUVA 1. Olavinlinna pohjoisesta.

Olavinlinna sijaitsee Etelä-Savossa Savonlinnassa ja se on nykyisin matkailukohte. Linnassa järjestetään opaskierroksia ympäri vuoden. Olavinlinnassa on sen rakennus- ja restaurointihistoriasta kertova pysyvä näyttely. Linnassa on myös pieni ortodoksinen museo. Olavinlinnassa on käytössä oleva kappeli, jossa voi järjestää kirkollisia tilaisuuksia. Linnan tiloja voi vuokrata erilaisten tilaisuuksien järjestämiseen, linnatuvassa toimii myös ravintola. Kesällä Olavinlinnassa järjestetään oopperajuhlat ja muita tapahtumia. (Laamanen & Prusi 2004, 49.)

Olavinlinna on Museoviraston omistama kiinteistö. Olavinlinnan ja Saimaan luontoympäristöä on ehdotettu UNESCO:n maailmanperintöluetteloon yhdistettynä luonto- ja kulttuurikohteena (Kauppi, 2008).

2.2 Olavinlinnan historiaa ja rakennusvaiheita

Olavinlinna on ensimmäinen linna Suomessa, joka rakennettiin alusta asti tuliasein tehtävää hyökkäystä ja puolustusta ajatellen. Linna on perustettu unioniajan loppuvaiheessa. (Gardberg & Welin 1993, 109.) Kalmarin unioni oli Tanskan, Norjan ja Ruotsin vuonna 1397 solmima liitto, joka oli voimassa vuoteen 1521 asti (Virtanen ym. 1990, 533). Linnan perusti tanskalainen aatelismies Eerik Akselinpoika Tott Ruotsin ja koko Kalmarin unionin etua ajatellen. Moskovan suuriruhtinas Ivan III halusi laajentaa valtakuntaansa ja oli aloittanut sotatoimet Novgorodia vastaan. Ruotsissa uskottiin, että Novgorodin kanssa aikaisemmin sovitut rauhan- ja aseleposopimukset eivät enää tämän jälkeen olisi voimassa ja idästä tulevien hyökkäysten uhka olisi todellinen. (Gardberg & Welin 1993, 109.)

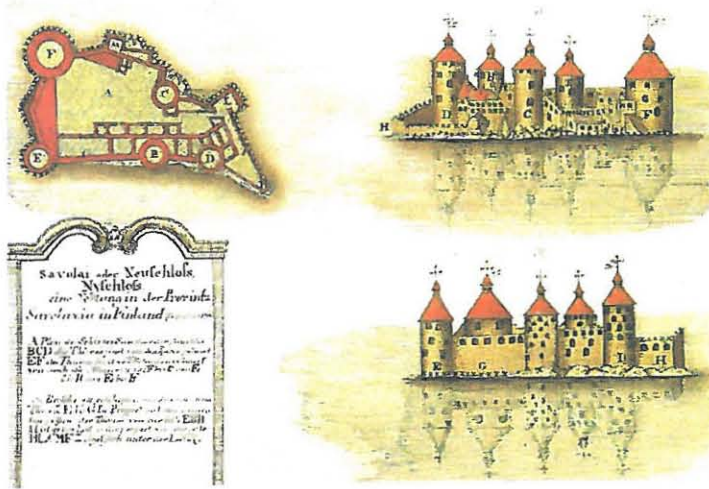
Linnaa alettiin rakentaa 1475 Savoan Haapaveden ja Pihlajaveden väliselle Kyronsalmen pienelle kalliosaarelle. Paikka oli puolustuksellisesti tarkoin valittu, sillä voimakas virta estää vettä jäätymästä kylmimmilläkään pakkasilla. Vuonna 1477 Eerik Akselinpoika Tottin langolleen Sten Sturelle kirjoittamasta kirjeestä selviää, että aluksi oli rakennettu puuvarustuksia, mutta jo samana vuonna hän antoi luvan muurata sekä torneja, kehämuureja ja muita hyödyllisiä rakennuksia ja että hänellä olisi siellä 16 hyvää ulkomaista muurimestaria. (Sinisalo 1961, 10; Gardberg & Welin 1993, 109 – 110; Finlands medeltidsurkunder, 3733). On esitetty, että työtä ohjaavat muurimestarit olisivat voineet tulla Tallinnasta. Tallinnalaisen Oleff Hergkin tiedetään työskennelleen linnassa vuonna 1481. (Sinisalo 1961, 15; Kaukanen 2005, 57; Finlands medeltidsurkunder, 3880.) Mestareiden lisäksi linnan rakentamisen parissa työskenteli paljon pitäjien neljänneskuntien asettamia työmiehiä ja työveroa suorittavia miehiä (Laamanen & Prusi 2004, 13). Linnan rakentamista suojelivat sotilaat, sillä venäläiset suhtautuivat sen rakentamiseen vihamielisesti. Venäläiset väittivät, että linnan rakennuspaikka sijaitisi heidän mailaan. Raja lienee kulkenut noin viisi kilometriä linnan länsipuolella. (Gardberg & Welin 1993, 109.)

Olavinlinnan rakentamisessa ei käytetty lainkaan tiiltä keskiajalla, vaan kaikki holvit, kaaret ja muut vastaavat rakenteet tehtiin liuskekivistä (Drake, N. Ym. 1987,

108). Keskiaikainen linna koostui pää- ja esilinnasta, joista itäpuolella sijaitseva esilinna oli huomattavasti pinta-alaltaan päälinnaa suurempi. Esilinnaan kuului kaksi tykkitornia: Nihtitorni ja Mustatorni. Päälinnaan kuuluvat kolme tornia on nimetty pyhimysten mukaan Pyhän Olavin torniksi (Kirkkotorni), Pyhän Neitsyen torniksi (Kellotorni) ja Pyhän Eerikin torniksi. Torneja yhdistivät kehämuurit, joiden korkeus vaihteli päälinnassa 10 - 15 metriin ja esilinnassa 8 - 10 metriin. (Laamanen & Prusi 2004, 10.)

Sota puhkesi Venäjän ja Ruotsin välillä vuonna 1495. Venäläiset yrittivät saada linnaa haltuunsa kolmesti, mutta turhaan. Venäjä ja Ruotsi solmivat rauhan Novgorodissa 1497, mutta levottomuudet Savon alueella jatkuivat. Kustaa Vaasan johdolla Ruotsi irtautui sisäisiin ristiriitoihin ajautuneesta Kalmarin unionista ja Olavinlinna siirtyi Ruotsin kruunulle vuonna 1523. Olavinlinnasta tuli uuden linnaläänin ja voutikunnan keskus, kun sen hallinto erotettiin Viipurin linnasta vuonna 1535. Kustaa Vaasan johdolla linnassa toteutettiin uudistuksia 1500-luvun puolenvälin tienoilla. Päälinnan tykkitorneja korotettiin uudella kerroksella, länsikärjen porttia suojannut linnake kunnostettiin ja esilinnan eteläsivulle panimoportin suojaksi rakennettiin muurivarustus. Tässä vaiheessa tiiltä käytettiin jo rakennusmateriaalina luonnonkiven rinnalla. (Pohjola-Pirhonen 1973, 176 ja Kuokkanen & Leiponen 1981, 36.) Avoin sota puhkesi Ruotsin ja Venäjän välille vuonna 1555. Linnapäälliköt Kustaa Flincke ja Tuure Pietarinpoika Bielke estivät Olavinlinnasta käsin vihollisen pääsyn syvemmälle Savoan. Aselepo solmittiin Puruveden kärjäkalliolla ja rauhansopimus vahvistettiin Novgorodissa suuriruhtinaan kanssa vuonna 1577. Tästä seurasi 45 vuoden rauhallinen jakso. Sodan jälkeen esilinnan kaakkoiskulmaan rakennettiin uusi rondelli eli paksu pyöreä tykkitorni vanhan tornin tilalle leveämpiä tuliaseita varten. Rondellista pystyttiin ampumaan moneen suuntaan ja sen pinnasta ammuksat kimposivat helpommin suoriin seinäpintoihin nähden. Uusi torni oli korkeudeltaan 18 metriä ja siinä oli viisi ampumakerrosta. Torni valmistui vuoden 1569 tienoilla ja se oli keskiaikaisten tornien laajennettu muoto. Toinen uusi torni rakennettiin esilinnan koilliseen kulmaan 1604 - 1608 välisenä aikana Nils Pederinpoika Kijlin toimiessa käskynhaltijana. Torni saikin nimensä hänen mukaan. Tornin muoto vastasi vanhoja keskiaikaisia torneja, vaikka se suunnitel-

tiin puhtaasti puolustus- ei asuinkäyttöön. (Sinisalo 1961, 18; Sinisalo 1986, 9; Gardberg & Welin 1993, 112 - 116; Laamanen & Prusi 2004, 12, 17, 18.)



KUVA 2. Piirros Olavinlinnasta 1690-luvulla ennen Suurta Pohjan sota.

Suuri Pohjan sota puhkesi vuonna 1700, mutta Olavinlinna joutui piiritetyksi vasta 18. kesäkuuta 1714. Tuohon aikaan Viipuri ja Käkisalmi oli jo menetetty ja lähes koko Etelä-Suomi miehitetty. Heinäkuun aikana venäläiset onnistuivat ampumaan tykeillä 30 metrin levyisen murtuman Kirkkotornin ja Kijlintornin väliseen muuriin. Kun venäläiset tämän jälkeen ryhtyivät rakentamaan siltaa, päällikkönä toiminut majuri Busch päätti antautua. Piirityksen jälkeen linna oli todella huonossa kunnossa, jonka vuoksi Pyhän Eerikin tornikin jouduttiin purkamaan. Ruotsalaiset saivat linnan takaisin Uudessakaupungissa vuonna 1721 solmitun rauhan jälkeen. Linna luovutettiin käytännössä vasta seuraavana vuonna. Axel von Löven, tunnettu linnoitusten rakentaja, teki mittavan korjaussuunnitelman linnaan, mutta rahapulan vuoksi vain pieni osa suunnitelmasta toteutettiin. (Gardberg & Welin 1993, 118 - 120.) Olavinlinna piiritettiin jälleen hattujen sodan aikana ja se antautui vuonna 1742 ylivoiman edessä (Sinisalo 1986, 28). Turussa vuonna 1743 solmitussa rauhassa Venäjän ja Suomen raja kulki nyt linnan länsipuolella ja Olavinlinnasta tuli venäläinen linnoitus. (Gardberg & Welin 1993, 120.)

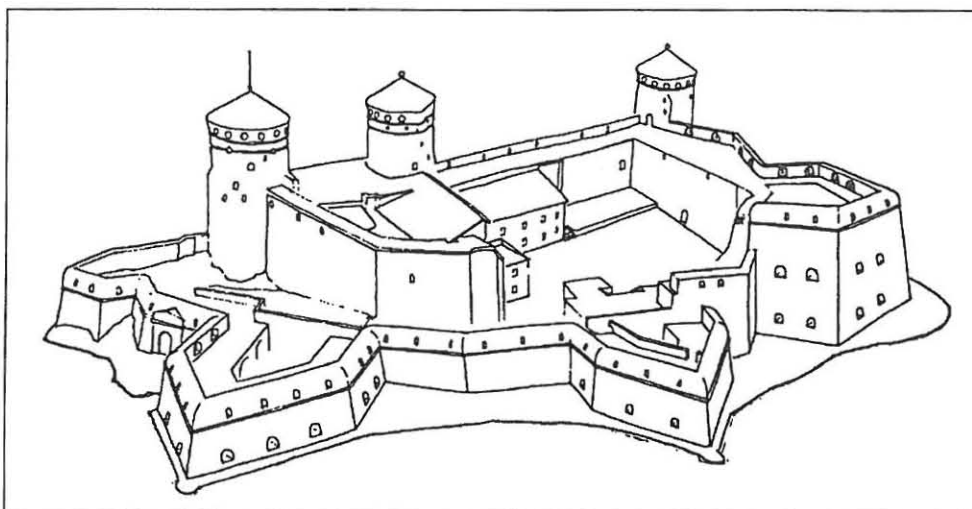
Olavinlinnan kunnostustyöt aloitettiin heti Turun rauhan solmimisen jälkeen. Työt eivät olleet kuitenkaan aluksi kovin mittavia. Suurin uudistustyö mitä linnassa

1750-luvulla tehtiin oli pikkuportin ja vesiportin erittäin huonoon kuntoon päässeiden varustusten korvaaminen bastioneilla. Työn suunnitteli venäläinen linnoitushistorian tutkija, kenraaliluutnantti Feodor Laskovski. (Sinisalo 1986, 36 - 38.)

Kustaa III yritti valloittaa Olavinlinnan takaisin 1780-luvulla, mutta tuloksetta. Vaikka piiritys ei tuottanutkaan tulosta ruotsalaisjoukoille, paljasti se kuitenkin venäläisille linnan puutteet puolustuksen suhteen. Tämä johti suureen rakennusvaiheeseen Olavinlinnassa 1790-luvulla. (Sinisalo 1986, 40 - 43.)

Kreivi Alexander Suvorovin oli määrätty Vanhan Suomen linnoitustöiden johtoon (Sinisalo 1986, 46). Hän laati mittavan uudistustyön tehtäväksi Olavinlinnaa ja sen myötä linna sai nykyisen ulkoasunsa (Sinisalo 1986, 48). Korjaukset ja muutokset olivat tarkkaan harkittuja. Muutostyön tavoitteena oli tehdä vanhasta keskiajan linnasta ajanmukainen puolustuslinnoitus. Uudistustyössä onnistuttiin saamaan linnasta arkkitehtonisesti yhtenäinen kokonaisuus jollaisena se on säilynyt näihin päiviin. On arveltu, että linnan haluttiin monumenttina myös viestivän keisarin vallasta. (Sinisalo 1986, 63.) Sinisalo (1986, 48) on jaotellut rakennusvaiheet viiteen funktionaaliseen vaiheeseen. Ensimmäiseen vaiheeseen kuului Paksu bastioni ja etelä- sekä itäpatteri. Toiseen vaiheeseen kuului pitkä bastioni- ja kurtiinirintama Pikkuportin bastionista linnasaaren länsikärkeen. Kolmas vaihe koostui linnan koko pohjoissivusta. Neljäs vaihe oli Suvorovin esilinnan rakentaminen ja sen suojaama vedenottokanava ja viides vaihe koostuu linnan vanhojen asuintilojen parantamisesta ja uuden kasarmin rakentamisesta. Tämä koko valtaisa rakennusvaihe on toteutettu pääosin 1790-luvun aikana.

Suomen sota käytiin vuosina 1808 ja 1809. Sotatoimet eivät kohdistuneet suoraan Olavinlinnaa, mutta se toimi venäläisten linnoituksena. Ruotsi hävisi sodan ja Suomi luovutettiin Venäjälle syyskuun 17. päivänä 1809 Haminassa solmitussa rauhansopimuksessa. Sopimuksen myötä Olavinlinna menetti merkityksensä Venäjän puolustusjärjestelmässä. (Pohjola-Pirhonen 1973, 802.)



KUVA 3. Esko Järventauksen tekemä perspektiivipiirros Olavinlinnasta. Kuvan oikeassa laidassa on Paksu bastioni.

Olavinlinnan käytyä puolustuksellisesti tarpeettomaksi sen tiloihin päätettiin sijoittaa 120 vankia Viaporista. Vankilana toiminta alkoi vuonna 1855. Vangit ja heitä vartioinut invalidikomennuskunta siirrettiin kuitenkin jo vuonna 1861 Käkisalmeen. (Pohjola-Pirhonen 1973, 807 - 808.)

Sotilaiden ja vankien poistuttua Olavinlinna jäi tyhjilleen. Elokuun 26. päivänä 1868 linna syttyi tuleen. Tulipalo kesti kaksi päivää, jonka seurauksena linnan puuosat eli vesi- ja välikatot tuhoutuivat. Sen sijaan linnan holvit, seinät ja muurit säästyivät vakavilta vaurioilta. Tulipalon aiheuttajaksi arvellaan ohikulkeneesta höyrylaivasta sinkoutuneita kipinöitä. Tulipalon jälkeen linna katettiin väliaikaisin kattein lisävaurioiden ehkäisemiseksi. Seuraavana vuonna linnassa riehui uusi tulipalo, joka sai alkunsa ohi kulkeneen höyrylaivan kipinöistä. (Pohjola-Pirhonen 1973, 810 - 811.)

Tulipalojen jälkeen Olavinlinna oli osittaisen purku-uhan alla. Linnasta haluttiin säästää vain vanhimmat osat, mikäli linnalle ei löydetäisi järkevää käyttöä. Senaatin siviilitoimikunta antoi valtionarkiston tehtäväksi selvittää linnan eri osien historiallinen arvo. J. R. Aspelin antoi selonteon jonka mukaan sekä vanhimmat 1400-luvulta peräisin olevat että 1700-luvun aikana tehdyt lisäykset muodostivat linnoituskokonaisuuden. Selonteon johdosta linnaa ryhdyttiin hoitamaan muinaismuistona. Vuonna 1872 aloitettujen korjaustöiden lähtökohtana oli korjata linna säilyttäen linnan yleisilme ja kunnioittaen linnan historiaa. Korjausten jälkeen linnan hoitami-

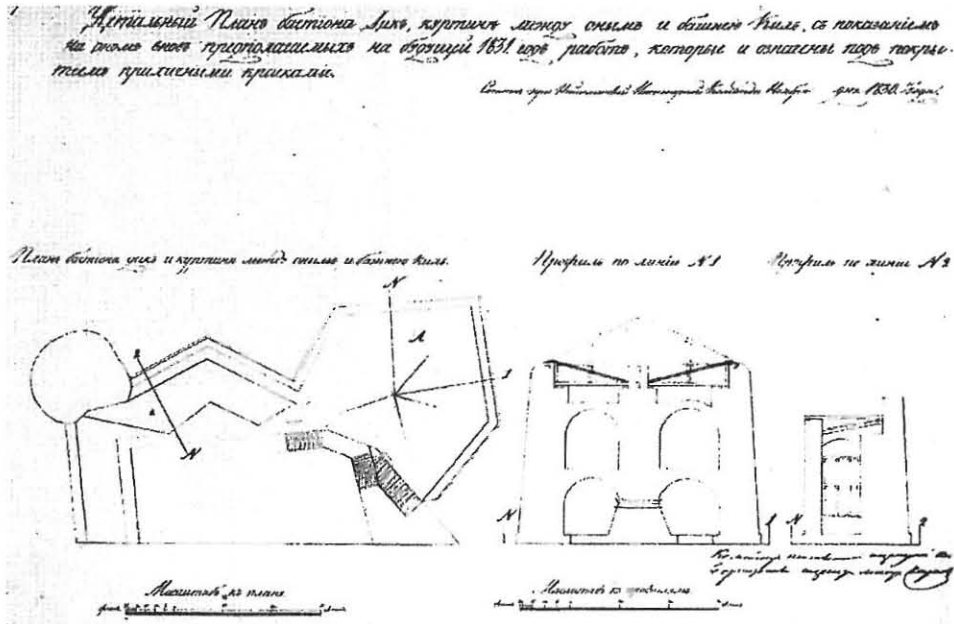
nen tuli valtion tehtäväksi. Vuonna 1890 senaatti vahvisti Olavinlinnan muinaismuistoaseman ja viisi vuotta myöhemmin Savonlinnan kaupunki tuli mukaan linnan hoitoon. (Laamanen & Prusi 2004, 43 - 44.)

1900-luvun taitteessa mietittiin maakunta-arkiston sijoittamista Olavinlinnaan. Suunnitelmista kuitenkin luovuttiin ja sen sijaan Olavinlinnaa alettiin restauroida uudelleen muinaismuistona linnan hoitokunnan aloitteesta. (Pohjola-Pirhonen 1973, 815 - 817.) Oopperalaulaja Aino Ackt'e järjesti linnassa oopperajuhlat vuosina 1912 - 1914 ja 1916. Lisäksi oopperajuhlat järjestettiin vuonna 1930. (Laamanen & Prusi 2004, 45.)

1930-luvulla Olavinlinnaan suunniteltiin laajaa restaurointia, mutta sitä ei ehditty toteuttaa sodan syttymisen vuoksi. Sodan jälkeen Olavinlinnaa restauroitiin 1961 - 1975 välisenä aikana, jonka jälkeen linnassa vietettiin 500-vuotisjuhlaa. Restauroinnin avulla Olavinlinnasta haluttiin luoda tärkeä alueellinen kulttuurikeskus. Vuonna 1967 Olavinlinnassa järjestettiin oopperajuhlat pitkän tauon jälkeen. Vähitellen oopperajuhlat vakiintuivat jokavuotiseksi tapahtumaksi. (Laamanen & Prusi 2004, 45 - 47.)

3 PAKSU BASTIONI

3.1 Paksu bastioni rakennettiin 1790-luvulla



KUVA 4. Vasemmalla ja keskellä Paksun bastionin suunnitelmapiirustukset. Kaksi alinta kerrosta oli varattu tykistöille ja ylin kerros käsiaseiden käyttöä varten. Oikealla Kijilin tornin ja bastionin välinen kurtiini.

Paksu bastioni rakennettiin ruutivaraston räjähdyksessä pahoin vaurioituneen Paksun tornin paikalle (Sinisalo 1986, 48). Paksu bastioni oli kolmas torni tällä paikalla, sillä vaurioitunutta Paksua tornia oli edeltänyt kapeampi torni 1470-luvulta (Gardberg & Welin 1993, 120). Paksun bastionin rakentaminen aloitettiin 1791 ja se toteutettiin saman vuosikymmenen aikana. Vanhan tornin perustusten purkaminen ja uusien tekeminen oli mittava prosessi. Uusi bastionitorni oli huomattavasti vanhaa tornia massiivisempi. (Sinisalo 1986, 48.) Toivanen (1980, 56) on arvelut, että Paksun bastionin alle on tehty vankat paalutukset, koska Paksu bastioni painoi huomattavasti enemmän kuin aiempi holvattu rondelli. Paalutuksen päälle lienee rakennettu hirsjarina. Vesiportin bastionin perustusten vahvistamistöiden yhteydessä vuonna 1963 löydettiin kappale sen alkuperäistä hirsjarinaa (Sinisalo 1976, 71.)

3.2 Kuvailu

Paksua bastionia, englanniksi Bastion Dick, voidaan kutsua myös bastionitorniksi, bastionoiduksi patteritorniksi tai paksusarveksi sen suuren koon vuoksi. Paksu bastioni on viisisivuinen. Se koostuu kyljistä, siivistä ja pihamuurista. Bastionin leveys on 30 metriä kylkien kohdalla ja kärjestä pihamuuriin mitattuna vähän enemmän. Korkeus maan pinnasta on 20 metriä (Sinisalo 1986, 48). Paksun bastionin seinien paksuus muurin alaosassa on kuusi metriä. Muuri kaventuu viistosti ylöspäin. Paksun bastionin ulkoseinän yläosa on noin kolme metriä sisempänä alaosaan nähden, lukuun ottamatta pihamuuria. Bastionin harmaakivimuurissa on käytetty eri kivilajeja. Kivet ovat kooltaan pieniä verraten moniin muihin kirkkojen ja linnojen harmaakivimuureihin, mutta isoja suhteutettuna linnan muihin muurirakenteisiin.



KUVA 5. Paksun bastionin edessä pressuilla suojatut rakennustelineet syksyllä 2009.

Paksun bastionin kivet on ladottu muuriin niin, että kivien silein pinta jää näkyviin, jolloin muuripinnasta tulee mahdollisimman tasainen. Nurkkakivet ovat suurempia ja muodostavat nurkkaketjut. Kahden ja puolen metrin päässä muurin harjalta kulkee cordon-lista, joka on tehty reunoiltaan pyöristetyistä harmaakivilaatoista. Paksun bastionin ensimmäinen ja toisen kerroksen kohdalla on kussakin siivessä ja

kyljessä neljä ampuma-aukkoa, joissa kaari ja ulkoseinään aukeavan osan holvi ovat tiiltä. (Sinisalo 1986, 64.) Paksussa bastionissa on kaksi tykkitasannetta ja nykyisin ilman kattoa, cordon-listan yläpuolella, oleva ampumatasanne, jonka ampuma-aukot ovat kooltaan huomattavasti ensimmäisen ja toisen kerroksen ampuma-aukkoja pienempiä.

Paksun bastionin sisällä kummankin kerroksen katot on holvattu. Holvit tukeutuvat bastionin muureihin ja keskipilariin (Sinisalo 1986. 64). Ampuma-aukkojen sisään aukeavia kasematteja kattavat tynnyriholvit.

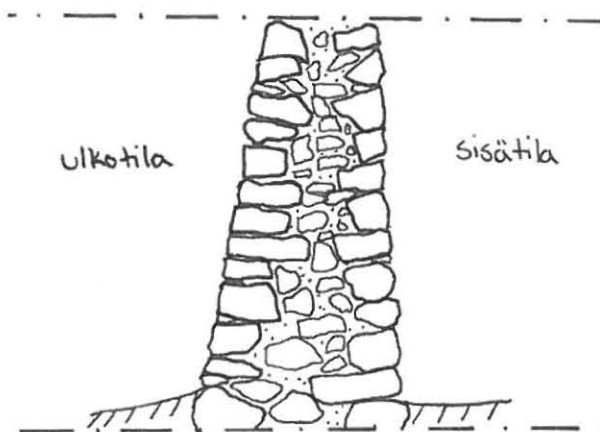


KUVA 6. Ampuma-aukon sisäosa.

4 VALUMUURI

4.1 Rakenne

Paksun bastionin rakentamisessa on käytetty valumuuritekniikkaa. Valumuuritekniikkaa on käytetty keskiajalta 1900-luvun alkupuolelle ja sen rakennustekniikka on säilynyt lähes muuttumattomana koko tuon ajan. Valumuuri on yksi kolmesta harmaakivimuurityypeistä. Muita harmaakivimuureja ovat kylmämuuri, joka tehdään latomalla luonnonkivistä ilman laastia, ja harkkomuuri eli rustikamuuri. (Kotkas 2009.) Perustamistapa ja syvyys vaihtelivat maaperän kantavuuden mukaan. Valumuuri on rakennettu jaksoittain. Sisä- ja ulkokuorta on muurattu noin metrin korkeiseksi, jonka jälkeen muurin ydin on täytetty kivillä ja kalkkilaastilla. Kuoret ja niiden välissä oleva ydin on sidottu toisiinsa muurin läpi, tai vähintään muurin kuoresta ytimeen saakka ulottuvilla sidekivillä. (Naakka, Mentu & Koskinen, 1995; Flink & Nordman, 2009; Kotkas, 2009.)



KUVA 7. Periaatepiirros valumuurista.

Valumuurin kuorissa periaatteena on, että kivet tukeutuvat toisiinsa suoraan tai kiilakivien avulla eli kivi kantaa kiveä ja laasti on vain tiivistämässä rakenteen (Kotkas 2009).

4.2 Vaurioituminen

Paksun bastionin valumuurin suurin rapauttava tekijä on sen sisään päässyt vesi. Kun muurin yläpuolinen vedeneristys ei ole kunnossa, tai vettä pääsee muurin sisään seinän kautta, aiheutuu muurille välittömästi haittaa. Vesi liottaa laastin sideainetta, jolloin tilalle jää hiekkamaiseksi muuttunutta laastia ja onkaloita. Suuri kosteus ja lämpötilan vaihtelut vaikuttavat nopeuttavasti rapautumisprosessiin. Rapautumisen aiheuttamat vauriot näkyvät ensimmäisenä laastissa ja tiilissä. Veden kerääntyminen muurin sisään on myös ongelma. Jäättyessään vesi laajenee 9 %, jolloin se rikkoo muurin rakennetta työntämällä kuorta irti ytimestä. Tällainen vaakaroutuminen tapahtuu yleensä kuoren ja ytimen välissä. Jäätävä vesi voi aiheuttaa laajoja vaurioita, tai paikallisia pullistumia muurissa. Mahdollinen sortuminen tapahtuu kuitenkin vasta keväällä, jolloin jää sulaa. (Naakka ym. 1995.) Mikäli laasti pääsee pahoin rapautumaan, voi kiilakivien ja isompien muurikivien väli löysytyä, jolloin on mahdollista, että kivet irtoavat paikoiltaan ja putoavat. Rapautumista kiihdyttävät myös veden mukana rakenteeseen kulkeutuneet suolat sekä levä- ja sammalkasvustot. Sammalten juurihapot liuottavat saumalaastista kalkkia (Naakka ym. 1995).

4.3 Korjaaminen

Ennen korjaukseen ryhtymistä tyypilliset vauriot valokuvataan. Kuvia otetaan työn detessä jokaisesta vaiheesta ja lopuksi valmiista työstä. Työn aikana erilliseen julkisivukuvaan merkitään korjatut alueet. Dokumentoinnista tulee lisäksi ilmetä mitä korjauslaastia on käytetty, kuinka syvälle muuria on korjattu, missä vanhat ja uudet sidekivet sijaitsevat. (Olainlinnan muurinkorjausten perehdyttämispäivä...) Kivien ollessa vielä paikoillaan niihin tulee merkitä tunnisteet joiden avulla ne saadaan takaisin oikeille paikoilleen. Tämän jälkeen alue valokuvataan. Kuvassa tulee näkyä sekä purettava alue että riittävästi paikoilleen jääviä alueita, jotta uudelleenladonnan yhteydessä kivet saadaan tarkasti omille paikoilleen. Mikäli purettava alue on liian suuri hallittavaksi, voidaan se rajata pienempiin yksiköihin. Rajaus toteutetaan laittamalla linjalangat roikkumaan purettavan alueen päältä 50 cm:n

välein kuvauksen ja uudelleenladonnan ajaksi, jolloin kivet on helpompi kohdistaa paikoilleen. Linjalangat voidaan pitää syrjässä purkamisen ajan.

Olavinlinnan Paksua bastionia korjataan syvätäyttömenetelmällä, joka on ollut jo pitkään käytössä oleva valumuurien korjausmenetelmä. Syvätäytön periaate on poistaa rapautuneen laastin jäänteet muurin sisästä ja täyttää ydin tiiviiksi kivillä ja laastilla. Paksun bastionin etelämuuria korjataan pystysuuntaisesti kaistaleittain. Työ on aloitettu ylhäältä vesieristyksen korjaamisella ja edetty alaspäin, jotta sotkuinen korjaustyö ja muurin sisään muodostuneet vesitaskut eivät vaurioittaisi korjattua rakennetta. Muurin vaurioituneet saumat poistetaan, samoin saumojen ja kiilakivien takaa paljastunut irtonainen aines. Kiviä poistetaan tarpeen mukaan muurista muurin puhdistuksen ajaksi. Muuri voidaan tarpeen vaatiessa tukea esimerkiksi puukiilojen avulla. (Fink & Nordman 2009.)

Purettujen alueiden takaa paljastuneet onkalot puhdistetaan paineilmalla, tai teollisuusimurilla sekä pestään pölyttömiksi. Onkaloihin pumpataan laastipumpulla vähän hydraulista kalkkilaastia. Laastireseptin pumppauslaastille on laatinut laastiasiantuntija Thorborg von Konow Olavinlinnan vanhojen laastien analyysitutkimuksensa pohjalta. Laastiin painetaan kiinni mahdollisimman suuria kiviä niin, että kivet tukeutuvat toisiinsa. Onkalo täytetään edelleen pumppaamalla vuorotellen laastia ja kiviä. (Fink & Nordman 2009.) Laastia pumpataan laastipumpulla, kunnes ollaan 20 cm:n päässä muuripinnasta. Loput täytöstä tehdään käsin saumamalla kuivemmalla laastilla jotta muurin pinta pysyisi puhtaana. Saumat jätetään 5 cm:ä muurin pintaa syvemmälle, jotta kivet erottuvat selvästi laastisaumasta ja kiven alle syntyy varjo. Vaakasuoran sauman alareunaan tehdään pieni pyöristys, joka ohjaa vedet ulospäin. Saumoissa kiilakivet saavat jäädä näkyviin. Pinnan tulee olla siisti ja tiivis, jotta vesi ei pääse muurin sisään. (Olavinlinnan muurinkorjaustyö.) Tähän ratkaisuun Paksun bastionin muurinkorjauksissa päädyttiin siitä syystä että aikaisemmissa korjauksissa saumat oli tuotu aivan kiven pintaan, jolloin ne näyttivät liian leveiltä suhteessa Paksun bastionin pinehköihin muurikiviin.



KUVA 8. Paksun bastionin avattua muuripintaa.

Koska Olavinlinnan paksun bastionin muurinkorjaustyöt tehdään suurimmaksi osaksi talviaikana, on korjattava alue suojattava hyvin. Hydraulisen kalkkilaastin kovettuminen edellyttää jatkuvaa vähintään + 8 °C lämpötilaa. (Flink & Nordman 2009.) Telineet suojattiin ympäröimällä ne tiiviisti pressuilla ja työkohdetta lämmitettiin kaasulämmittimillä.

5 HOLVATUT AMPUMA-AUKOT



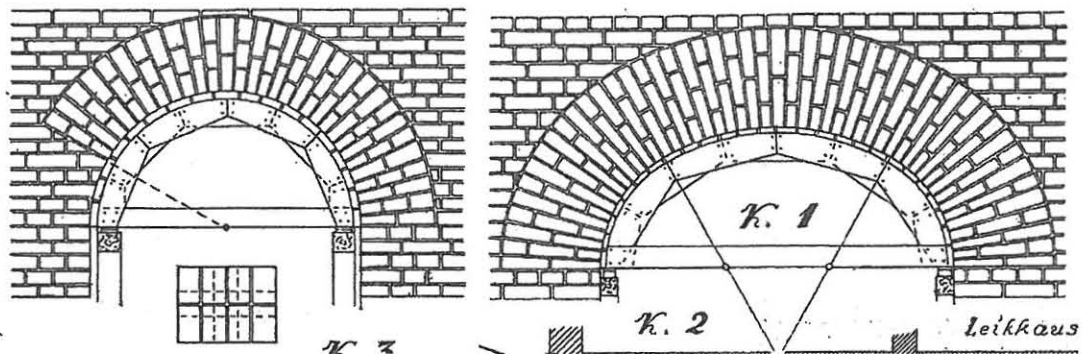
KUVA 9. Ampuma-aukko L 103.

Tässä työssä käsittelen ainoastaan ampuma-aukkojen ulkoseinään aukeavaa osaa. Sisäosa on nähtävissä kuvassa 6. Ampuma-aukot ovat leveydeltään muurin ulkoreunassa noin 2,1 - 2,2 metriä ja ikkuna-aukon kohdalla 0,8 - 0,9 metriä. Aukkojen korkeus keskeltä mitattuna vaihtelee ulkoreunassa 1,9 - 2,0 metriin. Ikkuna-aukkojen korkeimmasta kohdasta mitaten korkeudet ovat noin 0,77 - 0,94 luokkaa. Syvyyttä aukoilla on noin kaksi metriä. Ampuma-aukkojen holvikaari on tehty tiilestä. Holvikaaret kaventuvat ikkunaan päin. Osassa ampuma-aukoista tiiliholvi on kahden - ja osassa vain yhden tiilen paksuinen. Holvikaaret ovat tyypiltään puolilympyräkaaria, eivät tosin aivan symmetrisiä. Erityisesti aukon L 104 holvikaari muistuttaa enemmän korikaarta (kuva 11), kuin puolilympyrää. Ampuma-aukkojen holvikaarten sivumuurit eli tukimuurit ja pohja on tehty luonnonkivestä. Aukkojen pohja on melko tasainen ja viettää reilusti alaspäin.

5.1 Holvirakenne

Työssäni käytän sanoja holvi tai holvirakenne puhuessani ampuma-aukkojen luonnonkivitukimuurien päällä olevasta koko tiilirakenteesta. Sanaa holvikaari käytän taas seinäpissa näkyvästä holvin osasta.

Holvirakennetta käytetään muuriaukkojen katteena. Holvikaari tehdään usein kiilamaisista kivistä. Kiilamaisuus estää kivien putoamisen ja paine kohdistuu kivien sivupinnalle. (Virtanen ym. 1990, 44.) Mitä korkeampi holvi on sitä pienemmän puristuksen se aiheuttaa sivullepäin ja mitä matalampi holvi on sitä suurempi on sen sivutyöntö (Keinänen 2001, 60). Ampuma-aukkojen holvit ovat puoliympyräkaaria, eli ne aiheuttavat sivutyöntöä enemmän kuin kohotetut kaaret, mutta vähemmän kuin matalat kaaret eli niin sanotut suorat kaaret.



KUVAT 10 ja 11. Saumat on suunnattu kaaren keskipistettä kohti. Vasemmalla on puoliympyräkaari ja oikealla korikaari.

Holvikaarissa saumat tulee suunnata kaaren keskipistettä kohti, kuten yllä olevissa kuvissa. Muuraamista varten holville rakennetaan puinen muotti. Muuraaminen aloitetaan kaaren molemmista reunoista edeten keskelle. Saumat jaetaan etukäteen niin, että keskelle ei tule saumaa, vaan päätte- eli lukkokivi. Paksuissa kaaris- sa, kuten esimerkiksi puoliympyräkaarissa, saumojen ja kivien tulee kaventua holvikaaren pintaan päin. Kivet hakataan muurarinvasaralla sopivan muotoisiksi. (Keinänen 2001, 60 - 61.)

5.2 Tiili

5.2.1 Tiilen historiaa Suomessa

Varhaisimmat muuratut tiili- ja kivrakenteet Suomessa on löydetty Röntämäellä eli Koroisissa sijaitsevan piispankirkon paikalla tehdyissä kaivauksissa. Kirkko on ra-

kennettu todennäköisesti 1200-luvun alussa. (Tiilen historiaa Suomessa, 2004.) Tiiltä ryhdyttiin valmistamaan ja käyttämään Suomessa vuosina 1230 - 1280. 1300-luvulla tiilen käyttö oli vielä vähäistä. Tiiltä käytettiin lähinnä koristedetaljeihin, harmaakivikirkkojen päädyissä sekä ovi- ja ikkuna-aukkojen profiloinneissa. (Siikanen 2001, 76 - 77.)

Kuten muistamme, Olavinlinnassa ei käytetty alunperin laisinkaan tiiltä. Olavinlinnaan ensimmäiset tiilet muurattiin viimeistään 1540-luvun puolessavälissä. Tiiltä käytettiin pääasiassa ampuma-aukkojen ja tykkikomeroitten muuraamisessa. Olavinlinnan yhteyteen Kalkkuinniemenlelle perustettiin tiiliruukki 1540-luvun puolessavälissä. Uunin epäillään olleen sekauunityyppiä ja sitä käytettiin sekä tiilen- että kalkinpoltoon. (Kuokkanen & Leiponen 1981, 68 - 69.) Kaupunginsaareissa tiedetään sijainneen vielä vuoden 1639 jälkeenkin kalkkiuuni ja tiilitehdas joita Olavinlinna alinomaan tarvitsi (Pohjola-Pirhonen 1973, 628).

5.2.2 Tiilen valmistaminen ennen koneellista tuotantoa

Ennen koneellista tuotantoa ja ensimmäisten tiilitehtaiden syntymistä 1700-luvulla, tiiliruukkeja perustettiin rakennustyömaitten yhteyteen (Siikanen 2001, 77). Tiilen pääraaka-aineena käytettiin savea. Savea voitiin muokata talvettamalla, jolloin savi kaivettiin maasta ja varastoitiin. Saven annettiin talven aikana jäätyä, jolloin siitä tuli kuohkeaa ja hiekan kanssa hyvin sekoittuvaa. Saveen lisättiin hiekkaa ja vettä, jos sitä ei ollut savimassassa riittävästi valmiiksi. Hiekka ehkäisi tiiltä halkeilemasta kuivumisen ja polton aikana (Venhe 1994, 33.) Tiilen pakkasenkestävyyteen voitiin vaikuttaa lisäämällä savimassaan esimerkiksi sahanpurua. Polton aikana sahanpuru paloi jättäen tiileen huokosia. (Siikanen 2001, 77.) Savimassaan voitiin lisätä myös chamottia (samotti) eli puhdasta, poltettua ja jauhettua savea sideaineeksi. Massan sekoitus tapahtui joko polkemalla itse tai poljettamalla hevosella (Venhe 1994, 33).

Tiili tehtiin ”lyömällä” sopivan kokoinen savikappale vedessä lionneeseen puumuottiin, jonne se paineltiin tiiviisti käsin. Muotin yli jäävä savi poistettiin laudalla,

jonka jälkeen pinta vielä silotettiin märällä kädellä. Tämän jälkeen muotti kuljetettiin syrjällään kuivumispaikalle, jossa muotti kaadettiin nopealla liikkeellä ja muotti nostettiin ylös tiilen jäädessä hiekoitetulle alustalle kuivumaan. (Väisänen 2003, 12.) Tiilten asentoa muutettiin usein, jotta tiili kuivuisi tasaisesti eikä halkeamia pääsisi syntymään polton yhteydessä. Pienillä työmailla tiilet poltettiin miiluissa, suurilla työmailla suurissa tiiliuuneissa. (Venhe 1994, 33).

Paksun bastionin ampuma-aukkojen tiilet ovat kooltaan 24 x 12 x 5 cm:n luokkaa. Korjauksessa käytetään Olavinlinnaan varastoituja samanlaisia tiiliä. Korjaustiilten valinnasta enemmän luvussa 8.2.8.



KUVA 12. Ampuma-aukkojen korjaukseen käytettävä tiili.

5.3 Laasti

5.3.1 Kalkkilaasteista

Olavinlinnan Paksun bastionin luonnonkivimuurien ja holvattujen ampuma-aukkojen korjauksessa käytetään hydraulista kalkkilaastia (KKh). Kalkkilaastia (K) kutsutaan ilmakalkiksi jos siinä on enintään kahdeksan painoprosenttia hydraulisia komponentteja. Ilmakalkki tarvitsee karbonatisoitumiseen eli kovettumiseen ilman hiilidioksidia ja kosteutta. Ilmakalkin karbonatisoituminen kestää vuosia. (Von Konow 2006, 8, 10, 16.) Hydraulisessa kalkkikivessä on savimineraaleja epäpuh-
tautena. Poltettuna ja sammutettuna hydraulinen kalkki hydratoituu eli kovettuu veden kanssa. Hydraulisessa kalkissa (Kh) on yli kymmenen painoprosenttia hyd-

raulisia aineita. Hydraulisen luonnonkalkin lyhenne on NHL. (Von Konow 2006, 15 - 16.)

5.3.2 Olavinlinnan aikaisemmissa korjauksissa käytettyjä laasteja

Olavinlinnan korjauksiin on käytetty ainakin 1900-luvun alusta 1950-luvulle sementtilaasteja sekä betonia ja 1970- ja 1990-luvuilla Parmu-laastia (Von Konow 2009; Nordman 2010). Ampuma-aukkojen tiiliholveissa on myös silmämääräisesti tarkasteltaessa erotettavissa siniharmaata sementtipitoista laastia. Laasti irtoaa kovina paloina ja vasaralla murskaamalla irronneet kappaleet jakaantuvat osiin, eivätkä murene kuten kalkkilaasti. Kuvassa 13 holvin pintaan on levitetty tiivistä sinertävänharmaata sementtipitoista laastia.



KUVA 13. Holvin pintaa on "korjattu" tiiviillä laastilla, jonka läpi muurin sisälle tullut vesi ei ole päässyt haihtumaan.



KUVA 14. Kuvan vasemmassa laidassa näkyy tiiliholvin avattuja saumoja, oikealla korjauksen lähtötilanne ja keskellä syksyn 2009 aikana hydraulisella kalkkilaastilla saumattua holvipintaa.

5.3.3 Olavinlinnan vanhojen laastien tutkimukset

Olavinlinnan vanhoista laasteista on tehty analyysitutkimus vuosien 2008 ja 2009 aikana. Laastien tutkijana on toiminut filosofian tohtori Thorborg von Konow (Tu-reida). Työn tarkoituksena oli vanhojen kalkkilaastien pohjalta kehittää Olavinlinnaan korjauslaastit, jotka toimivat vanhojen rakennusmateriaalien kanssa sementtipitoisia korjauslaasteja paremmin. Laastinäytteet on otettu kellotornista, koska torneissa on säilynyt historiallisia rappauslaasteja ja koska tornissa oli katon korjauksen vuoksi telineet joilta näytteet päästiin ottamaan (Flink 2010). Neljästä laastinäytteestä sekä Parmu-korjauslaastinäytteestä tehtiin ohuthieet ja ne tutkittiin polarisaatiomikroskoopilla. Vanhat laastit osoittautuivat kalkkilaasteiksi ja niissä oli lievästi hydraulisuutta. (Luvussa 5.2.1 maininta kalkkipoltosta Kalkkuinniemiellä.) Kaikissa kalkkilaastinäytteissä mikrorakenne todettiin suhteellisen hyväksi. Runkoaines eli hiekka oli pääasiassa Saimaan alueen liuskekiillettä. Näytteissä oli runsaasti hienoainesta eli filleriä, mikä on harvinaista historiallisille laasteille. Filleri lisää laastin ”tiiviyttä” ja parantaa sen työstettävyyttä ja säänkestävyyttä. Laastien ikää oli vaikea arvioida, mutta sideainekalkin tarkastelun pohjalta laastit ajoitettiin 1700-luvun loppupuolelle tai 1800-luvulle. Tutkimuksessa Parmu-korjauslaasti todettiin olevan pakkasenkestävä ja tiivis, mutta tiiviyden takia se ei päästä muurin

sisään päässyttä kosteutta ulos. Muuriin päässyt vesi imeytyy Parmu-laastin takana olevaan heikompaan kalkkilaastiin, joka jäätyksen seurauksena rapautuu menettämällä lujutensa ja muuttuen hiekkamaiseksi. (Von Konow 2009.)

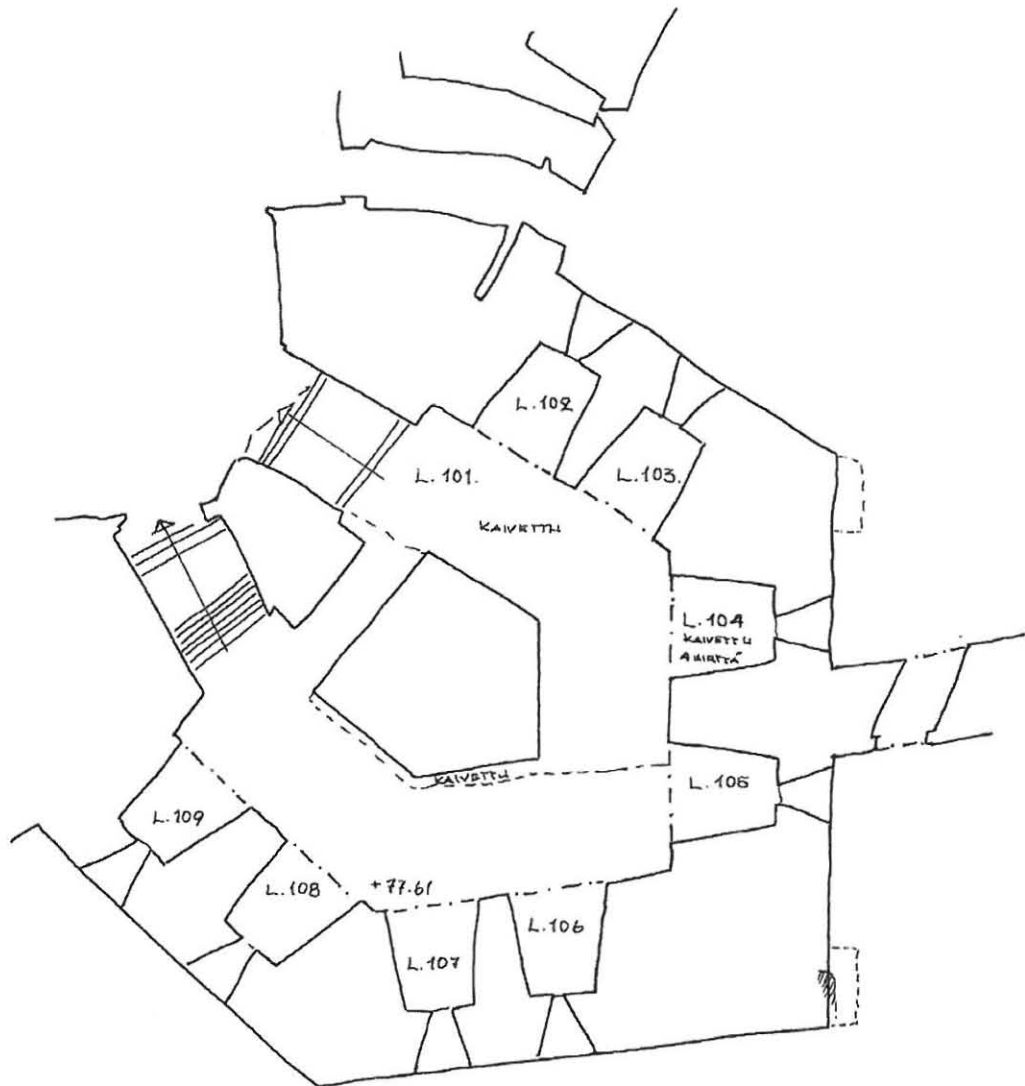
Olavinlinnan vanhojen laastien analyysitutkimuksen pohjalta Thorborg von Konow laati Paksun bastionin korjauksiin käytettävät laastireseptit: Pumppauslaasti (KKh) luonnonkivimuurien korjauksia varten, tiiliholvien muuraus- ja saumaustaasti (KKh) ja suojalaasti (Kh) ampuma-aukkojen pohjan luonnonkiviosien saumoihin sekä muurin ja pyöreän harjan liittymäkohtaan. Tiiliholvien korjauksissa käytettävän laastin runkoaineen raekoko on hieman muiden laastien runkoaineen raekokoa pienempi, jotta laastin koostumus olisi sopiva kapeisiin saumoihin. Runkoaineena käytetään paikallista Kuhasalmen hiekkaa. Kuhasalmen hiekan RI-arvo (runkoaineindeksi/runkoainejakauma) vastasi hyvin Olavinlinnan laastinäytteiden hiekan RI-arvoa.

Tämän hiekan saamista lähiseudulta pidetään erittäin tärkeänä asiana sillä Olavinlinnan muurinkorjauksissa on vuodesta 1977 lähtien käytetty kyseistä hiekkaa yhtenä runkoainesosana korjauslaastissa. Urakoitsijan mukaan hiekkakuoppa vaihdettiin toiseen 2000-luvun alussa. (Nordman 2010.)

6 DOKUMENTOINTI JA VAURIOIDEN KIRJAAMINEN

Olavinlinnassa tehtiin Paksun bastionin ampuma-aukkojen dokumentointi vuoden 2009 syksyn ja talven aikana . Dokumentoinnin tarkoitus oli kerätä tietoa ampuma-aukkojen kunnosta ja tallentaa niiden sen hetkinen tila. Olavinlinnan ampuma-aukkojen pääasiallisena dokumentointikeinona käytettiin valokuvausta digikameralla. Osa ampuma-aukoista myös mitattiin ja piirrettiin. Ampuma-aukkojen dokumentointia rajoitti niiden saavutettavuus. Dokumentointi- ja vauriokartoituspiirustukset jätettiin tekemättä niiden ampuma-aukkojen osalta, joihin ei päässyt tutkimaan ja mittaamaan. Näin toimien dokumentoinnin taso on samaa tarkkuusluokkaa jokaisen piirretyn rakenteen kohdalla.

Ampuma-aukkojen numerointi on nähtävissä kuvassa 15. Paksun bastionin ensimmäisen kerroksen ampuma-aukoista L 102, L 103, L 104, L 105, L106 ja L 107 sekä toisen kerroksen ampuma-aukoista L 206 ja L207 on tehty tarkka dokumentointi kuvaamalla digikameralla. Lisäksi aukkojen holvien ulkoseinään aukeavista osista ja holvikaarista on tehty piirustukset, joihin on merkitty vauriot. Kuntoarviolomakkeisiin on kirjattu ampuma-aukkojen suurimmat vauriot. Lisäksi ensimmäisen kerroksen ampuma-aukko L 108:sta on tehty holvikaaren dokumentointi ja L 109:stä holvin ulkoseinään aukeavan osan dokumentointi. Viimeksi mainittujen ampuma-aukkojen täydellinen dokumentointi jouduttiin jättämään saavutettavuuden vuoksi. Toisen kerroksen ampuma-aukoista, lukuun ottamatta aukkoja L 206 ja L 207, on dokumentointi piirtämällä jätetty tekemättä ja vain kirjattu kuntoarviolomakkeisiin suurimmat vauriot silmämääräisen tarkastelun pohjalta. Silmämääräinen tarkastelu tehtiin Paksun bastionin sisältä ikkuna-aukkojen kautta. Yhden ampuma-aukon piirustukset ja kuntoarviolomake ovat liitteinä työn lopussa, muu dokumentointimateriaali on toimitettu Seinäjoen ammattikorkeakoululle ja Museoviraston rakennushistorian osastolle arkistoitavaksi.



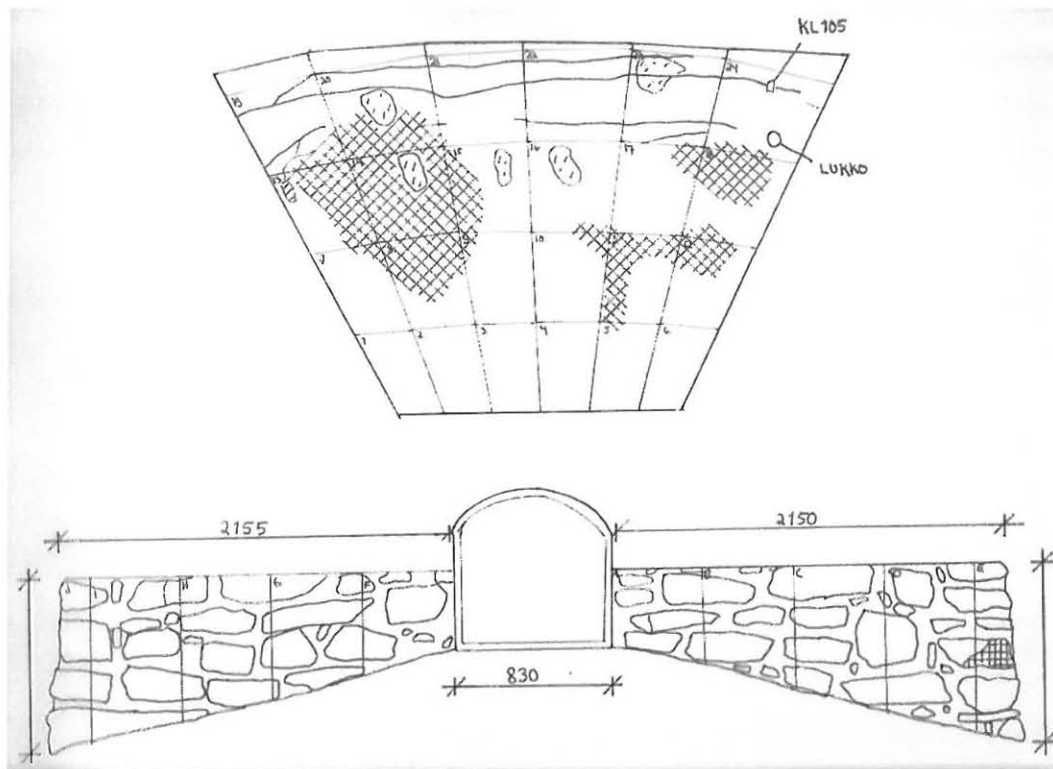
KUVA 15. Paksun bastionin ensimmäinen kerros. Toisen kerroksen tila on nimetty
 Mk 1/200
 samalla periaatteella.

6.1 Ampuma-aukkojen ulkoseinään aukeavien osien piirustukset

Ampuma-aukkojen ulkoseinään aukeava osa on vauriokartoituspiirustuksissa toteutettu niin sanotusti avattuna projektiona, jolloin syvyysvaikutelma katoaa, mutta vauriot on helpompi merkitä. Piirustukset on tehty 1:20 mittakaavaan. Holvin pintaan on dokumentointitilanteessa piirretty liidulla vaakasuorat viivat läpi holvikaton 50 cm:n välein. Lisäksi aukkoihin on piirretty kohtisuorat viivat ikkuna-aukosta holvin reunaan. Viivoista muodostuu ruudukko, joka suurenee aukon ulkoreunaan päin. Aukkojen koot vaihtelivat hieman, niin myös ruutujen määrä. Ruudutuksen tarkoitus oli sekä helpottaa aukkojen mittaamista ja piirtämistä että aukkojen järjestelmällistä kuvaamista. Ruudut numeroitiin juoksevilla numeroinnilla, lähtien aukon perältä vasemmasta reunasta. Kun ruudut oli piirretty ja numeroitu, voitiin jokaisesta ruudusta ottaa erillinen valokuva. Vauriokarttoihin ei piirretty tiiliä, sillä muutoin niistä olisi tullut liian sekavia ja jokainen tiili on kuitenkin kuvista nähtävissä. Tällä tavalla oli suhteellisen vaivatonta rakentaa aukkojen vauriokartoitus paperille.



KUVA 16. Ampuma-aukon holvi on ruudutettu ja numeroitu dokumentoinnin helpottamiseksi.



KUVA 17. Esimerkkikuva ampuma-aukkojen ulkoseinään aukeavien osien eli holvin ja tukimuurien vauriokartoituspiirustuksista.

Aukkojen sisäosien luonnonkiviset tukimuurit on jaettu 50 cm:n levyisiin osiin aukon perältä lähtien. Dokumentointi on tehty valokuvaamalla ja piirtämällä. Tukimureissa numeroiden sijaan on käytetty kirjaintunnisteita A, B, C jne. Kirjaintunnisteiden merkitseminen on aloitettu aukon perätä oikealta puolelta (oikea tukimuri on merkitty kirjaimilla A - E, vasen pieli F - J).

6.2 Holvikaarten piirustukset

Holvikaaret on piirretty suhteella 1:10. Piirustuksissa ei näy koko ampuma-aukkoa, vaan ainoastaan tiilinen holvikaari ja hieman kaarta ympäröivää luonnonkivimuuria. Holvikaaret on piirretty ja dokumentoitu käyttämällä ruudutusta apuna. Holvikaariin on piirretty ruudukko liidulla vesivaa'an ja luotisuoran avulla. Ruudut ovat kooltaan 50 cm x 50 cm, jollei piirustuksissa ole toisin merkitty. Seuraavat kuvat havainnollistavat holvikaarten dokumentointityötä.



KUVA 18. Ampuma-aukon L 206 holvikaari ruudutettuna ja numeroituna.

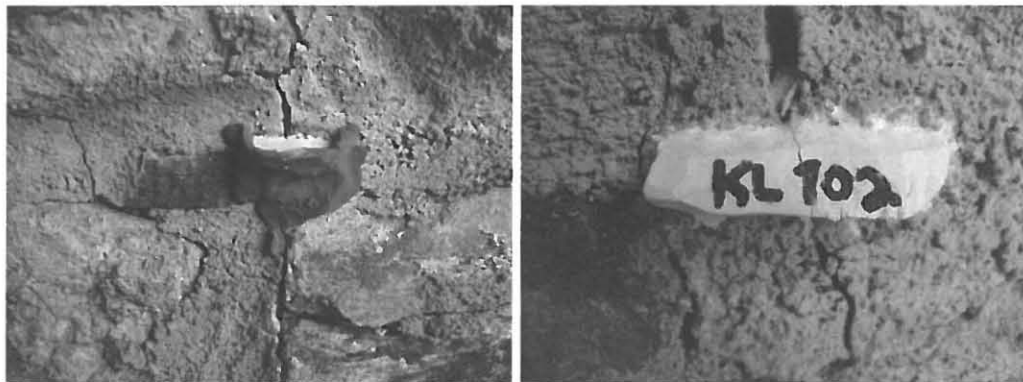


KUVA 19. Ampuma-aukon L 103 holvikaaren ruutu nro 5.

6.3 Vaurioiden seuranta ja kipsisiltojen käyttö

Huolellisen dokumentoinnin ja vauriokartoituksen pohjalta on helppo seurata vaurioiden etenemistä vertailemalla vaurioita tulevaisuudessa kuvien ja vauriokartta-piirustusten vaurioihin. Halkeamien, jotka ovat tällä hetkellä ampuma-aukkojen

vakavimpia ongelmia, seuraamiseksi voidaan käyttää lisäksi kipsisiltoja. Kipsisilta tehdään tiilen, laastin, tai luonnonkiven halkeamaan jota halutaan seurata. Olavinlinnan Paksun bastionin ensimmäisen kerroksen ampuma-aukkoihin L 102, L 103, L104, L105, L 109 kipsisillat on tehty satunnaisiin halkeamiin. Kipsisiltojen paikat näkyvät ampuma-aukoista tehdyissä vauriokartoituspiirustuksissa. Kipsisilta tehdään valamalla juoksevaa kipsiä muovailuvahasta tehtyyn muottiin. Muovailuvahasta muotoillaan sopivanmuotoinen muotti, joka kiinnitetään halkeamaan. Muotiin kaadetaan löysää kipsiä ja kipsin annetaan jähmettyä kunnolla. Kun kipsi on kovaa muotti irrotetaan varovasti. Kipsisiltaa voi vuolla skalpelilla varovasti, jos sillasta on tullut liian iso. Siltaan on hyvä merkitä jokin tunniste. Alla olevassa kuvassa on esitetty kipsisillan valmistamista Paksun bastionin L 102-ampumaaukkoon.



KUVAT 20 ja 21. Vasemmanpuoleisessa kuvassa kipsisilta on valettu laastin halkeamaan. Oikeanpuoleisessa kuvassa sama kipsisilta on haljennut.

Kipsisillat on tehty lokakuun lopussa 2009. Ampuma-aukon L 102 kipsisilta murtui tammikuun 2010 puoleen väliin mennessä.

7 AMPUMA-AUKKOJEN VAURIOT

Ampuma-aukkojen vauriot on käyty läpi aukkoakohtaisesti niistä tehdyissä kuntoarviomakkeissa. Tässä luvussa käsittelen Paksun bastionin ampuma-aukkojen vaurioita kokonaisuutena käyttäen kuitenkin yksittäisiä aukkoja esimerkkeinä. Käyn läpi vauriot aloittaen näkyvimmistä vaurioista siirtyen pienempiin vielä lähinnä esteettisiin ongelmiin. Toisaalta vauriot ovat kytköksissä toisiinsa ja monesti pienetkin ”kauneusvirheet” saattavat kasvaa vakaviksi ongelmiksi.

7.1 Halkeamat

Paksun bastionin ampuma-aukkojen suurimmat vauriot ovat aukkojen sisällä olevissa tiilisissä holveissa kulkevat julkisivun suuntaiset halkeamat. Suurin osa halkeamista sijaitsee noin puolen metrin alueella holvin ulkoreunasta eli suunnilleen siinä kohdassa missä kulkee muurin ulkokuoren ja ytimen raja. Osassa aukoista tällä alueella kulkee vain yksi tai kaksi läpi koko hovin ulottuvaa halkeamaa, osassa niitä on useita. Joissain holveissa halkeamien väliin on syntynyt pienempää halkeamaverkostoa. Halkeamien leveys vaihtelee millimetristä muutamiin senttimetreihin. Suurimmat halkeamat sijaitsevat aivan aukkojen ulkoreunan lähellä. Ampuma-aukoissa, joissa näitä leveitä halkeamia esiintyy, esiintyy myös holvikaarten työntymistä ulos muurilinjasta. Suurimpia halkeamia on aikaisemmin täytetty laastilla. Tämä paikkalaastikin on myöhemmin halkeillut, mikä tarkoittaa sitä, että vaurio on jatkunut paikkauksesta huolimatta, kuva 22. Vaikka suurimmassa osassa aukoista halkeamat sijaittivat aukon ulkoreunan läheisyydessä, muutamissa aukoissa niitä oli myös aukon keskiosassa ja perällä.

Osassa ampuma-aukoista tiiliholvin läpi kulkevat halkeamat ovat jatkuneet vielä alla oleviin luonnonkiviosiin halkaisten massiivisia luonnonkiviä kahtia. Kun halkeamat kulkevat läpi koko holvin halkaisten holvin ulkoreunan irti muusta holvira-kenteesta, ei rakenne toimi enää niin kuin se on alunperin suunniteltu. Yläpuolelta tulevat kuormat eivät jakaudu koko holvin mitalta tasaisesti aukon reunoille. Halkeilleet tiilet ovat myös alttiimpia muulle rapautumiselle.



KUVAT 22 ja 23. Ampuma-aukon L 105 (vasemmalla) isot halkeamat on täytetty laastilla, mutta laastin ja tiilen väliin on jo syntynyt uusi rako. Oikealla ampuma-aukon L 207 vauriot ovat edenneet pitkälle.



KUVA 24. Ampuma-aukon L 103 halkeamaverkostoa.



KUVA 25. Ampuma-aukko L 103. Kivi on haljennut ylhäältä tulevan painon alla.



KUVA 26. Ampuma-aukossa L 102 holvin läpi kulkevia halkeamia on koko aukon syvyydellä.

Halkeamat syntyvät, kun erilaiset sään rasitukset ja kuormitukset aiheuttavat muurattuun rakenteeseen muutoksia. Muodonmuutokset aiheuttavat rakenteeseen jännityksiä, joiden seurauksena syntyy halkeamia. Rakenteen muuttumakohdat ovat jännitykselle alttiita paikkoja. Tällaisia paikkoja on esimerkiksi paikka jossa muurattu rakenne liittyy toiseen rakenteeseen, muuratun rakenteen kannatustapa muuttuu, tai muuratun rakenteen suunta muuttuu. (RT 82-10510, 7.) Ampuma-aukoissa suurin osa halkeamista on syntynyt sellaisiin kohtiin, joissa valumuurin kuori vaihtuu ytimeksi. Vaakaroutimista on tapahtunut myös ytimen sisällä ainakin ampuma-aukko L 102 kohdalla, joka on halkeillut seinän suuntaisesti koko aukon syvyydeltä.

7.2 Vesiliukoisten suolojen aiheuttamat vauriot

Ampuma-aukkojen pinnoissa esiintyy yleisesti kiteytynyttä suolaa. Suolaa on kerroksena niin tiiltä kuin tiiliä ja luonnonkiviä ympäröivän laastinkin pinnassa. Ampuma-aukoissa, joissa suolaa esiintyy, on havaittavissa myös suolan aiheuttamia rapautumia. Alla olevassa kuvassa suolaa esiintyy kaikkialla muualla paitsi kohdassa, jossa suola on murentanut tiilen pinnan. Suolan määrä vaihtelee hieman aukoittain.



KUVA 27. Ampuma-aukon L 109 pinnan suolakiteytymää.

Suolojen esiintyminen rakenteessa ilmenee lähinnä kahdella eri tavalla: Suolat joko kiteytyvät tiilen pintaan valkoiseksi kerrokseksi tai ne kiteytyvät tiilen sisässä, jolloin ne voivat vaurioittaa tiiltä murentamalla sitä. Tiilen sisällä huokosrakenteessa tapahtuva suolojen kiteytyminen voi olla haitallista useista eri syistä. Jos suolakide ei mahdu kasvamaan tiilen huokosessa, se aiheuttaa huokosseinään paineen, jonka seurauksena huokosrakenne voi vaurioitua. Jos suola saa vielä kerättyä sen kideverkkoon vettä ympäröivästä ilmasta, tämä aiheuttaa lisäpainetta huokosrakenteelle ja vaurioitumisen riski kasvaa. (Franke & Schumann 1998, 86.) Helposti liukenevien suolojen toistuva liukeneminen ja kiteytyminen ilman kosteuden vaihtelujen mukaan rapauttaa tiiltä. Suola kiteytyy, kun ilman kosteus laskee kyseessä olevan suolan tasapainokosteuden alle ja liukenee uudestaan, kun ilman kosteus nousee sen yli. Tyypillisiä suoloja vanhoissa tiilirakenteissa ovat ruokasuola (NaCl) ja sooda (Na_2CO_3). Ruokasuola kiteytyy tiilen pintaan ilman suhteellisen kosteuden (RH) ollessa 75 % ja sooda vastaavasti 65 %:ssa. (Von Konow

2006, 51.) Heikosti liukenenvat suolat kuten kipsi ja kalsiumkarbonaatti kerääntyvät pääasiassa noin 0,5 – 1,0 cm:n syvyyteen tiilen pinnasta. Suolat tukkivat tiilen huokosrakennetta jolloin kosteus ei pääse enää kulkemaan kapillaarisesti ja haihtumaan tiilen pinnasta entiseen tapaan. Kun tiili pysyy kosteana pidempään sen pakkasrapautumisriski kasvaa. (Franke & Schumann 1998, 86.) Suola laskee veden jäätyislämpötilaa, mutta lämpötilan laskiessa riittävän alas vesi ennen pitkää jäätyy. Kun vedessä oleva suola vielä kiteytyy jään vieressä, joutuu huokosrakenne entistä suurempaan rasitukseen. (Franke & Schumann 1998, 87.)

Jotkut suolat puolestaan vaurioittavat tiiltä altistuessaan riittävän suurelle lämmölle. Auringon voimakas säteily on tyypillinen julkisivua lämmittävä tekijä. Suolat joiden lämpölaajeneminen on suurempi kuin tiilellä, kuten esimerkiksi kipsi, voivat aiheuttaa tiilen huokosrakenteessa vaurioita. Huokosrakenne rikkoutuu, kun suolakide laajenee huokosta suuremmaksi. Jotta suolan lämpölaajeneminen aiheuttaisi tiilelle haittaa, on auringon säteilyn sekä tiilen suolapitoisuuden oltava riittävän suuria. (Franke & Schumann 1998, 87.)

Heikkopolttoisissa tiilissä, joissa huokosjakauma on epäedullinen, vauriot esiintyvät nopeammin ja laajempina. Tällaisissa tiilissä jo pienetkin suolapitoisuudet voivat aiheuttaa vaurioita. (Franke & Schumann 1998, 86.)

Suolaa on voinut tulla Paksuun bastioniin monin eri tavoin. Suolaa voi nousta maasta kapillaarisesti veden mukana (Kaila 1997, 116). Maaperään suolat tulevat mätäneivistä kasveista, tiesuolasta ja ureasta. Lisäksi karjasta ja suolan säilyttämisestä voi maan kautta nousta suolaa rakenteeseen. Suolaa rakenteeseen voi tulla lisäksi sementtipitoisista laasteista. Sementtipitoinen laasti muodostaa hydratoituessaan alkalisuoloja ja kalsiumhydroksidia, hydroksi imeytyy tiileen ja muuttuu osittain natriumkarbonaatiksi eli soodaksi aiheuttaen tiilen rapautumista. (Von Konow 2006, 51.) Muun muassa siksi sementtipitoisia laasteja tulee välttää ampumaukkojen korjauksessa. Sementtipitoisia laasteja on aikaisemmin käytetty Paksun bastionin korjauksissa, katso luku 5.3.2.

Ampuma-aukkojen pintojen läpi haihtuu paljon kosteutta ilmaan jonka seurauksena veden mukana kulkeutuneet suolat voivat kiteytyvät valkoiseksi kerrokseksi tiilen ja laastin pintaan. Ampuma-aukot ovat erittäin alttiita suolan liukenemiselle ja uudelleen kiteytymiselle, sillä ampuma-aukkojen ilmasto-olosuhteet vaihtelevat suuresti vuorokauden- ja vuodenaikasta riippuen. Suolaa on kiteytyneenä eniten ampuma-aukkojen pintaan lähellä sisä- ja ulkotilaa erottavan ikkunan läheisyydessä. Ikkunan lähellä suolat eivät altistu niin helposti liukenemiselle kuin lähellä ulkoseinää, missä sateella virtaava vesi liuottaa suoloja. Toisaalta suolojen kiteytyminen lähellä ikkunaa voi olla seurausta siitä, että kosteus liikkuu sisä- ja ulkotilan välillä kapillaarisesti ja haihtuu päästessään tekemisiin tiiltä kuivemman ilman kanssa, jolloin suolat kiteytyvät saavuttaessaan oman tasapainokosteutensa.

Vaikuttaa siltä, että suolat eivät ole vielä yleisesti ottaen tehneet suuria vaurioita ampuma-aukkojen tiilille. Suolat ovat vaurioittaneet lähinnä yksittäisiä tiiliä murentamalla niistä pinnan pois.

7.3 Liian kovan korjauslaastin tiilelle aiheuttamat vauriot

Ampuma-aukkojen rapautuneita holvikaaria on korjattu aikaisemmin uusilla tiilillä. Tiilet eivät ole kuitenkaan kestäneet rasitukselle alttiissa paikassa. Tiilet ovat holvikaarissa alttiina sään aiheuttamille rasituksille. Sateella vesi valuu suoraan holvikaarten tiiliä pitkin imeytyen tiilten huokosiin.

Sementtipitoisella laastilla muuratessa saumoista tulee kovia ja joustamattomia. Sementtipitoinen laasti on tiivis ja sen läpi kosteus ja vesi haihtuvat heikosti riippuen kuitenkin laastin sementtipitoisuudesta. Kun suurin osa tiilen pinnasta on tiiviin laastin ympäröimänä, kosteuden haihtuminen tiilistä hidastuu ja tiilet ovat alttiimpia pakkasrapautumiselle. Tiilessä oleva vesi laajenee jäätyessään, jonka seurauksena tiilistä voi lohjeta paloja irti. (Pakkasvauriosta enemmän luvussa 7.4.)



KUVAT 28 ja 29. Ampuma-aukon L 109 holvikaaren uudet tiilet eivät ole kestäneet vaikeissa olosuhteissa joustamattoman korjauslaastin kanssa.



KUVA 30. Kuvassa ampuma-aukon L 207 holvikaari. Laasti on kestänyt, tiili ei.

Kuvassa 30 sauma on kestänyt tiiltä paremmin. Kuvassa 28 myös ohuet saumat ovat lohjenneet irti tiilten mukana. Samassa kuvassa tiilten rapautumista on edesauttanut vielä se seikka, että tiilten pinnalle on levitetty tiivis laastikerros, jolloin veden haihtuminen tiilistä on heikentynyt edelleen. Muurattaessa kalkkilaastilla saumoista ei muodostu niin kovia ja tiiviitä, kuin sementtipitoisella laastilla muurattaessa. Kalkkilaastisaumat sallivat tiilessä tapahtuvat pienet pituuden muutokset. Tiili pystyy myös luovuttamaan itsestään kosteutta huokoiseen kalkkilaastiin. Tämän päivän rakentamisessa, muurattaessa sementtipitoisilla laasteilla, tiilirakenteisiin tehdään liikuntasaumot jolloin rakenne toimii rikkoutumatta.

7.4 Pakkasrapautuminen



KUVA 31. Ampuma-aukon L 104 holvikaaren vaaleat tiilet ovat rapautuneet pakkasen vaikutuksesta. Huomiona: Kuvan valkoiset alueet ovat lunta, eivät suolaa!

Pakkanen ja vesi voivat aiheuttaa vaurioita niin tiilelle kuin laastillekin. Pakkasvauriot ilmenevät monin eri tavoin, kuten esimerkiksi materiaalin lohkeiluna, halkeiluna, murenemisena ja saumojen ulos työntymisenä. (Franke & Schumann 1998, 65.) Pakkanen ei yksinään ole tiilelle vaaraksi, sillä pakkasella tiili kutistuu. Ongelmia tiilen kestämisellä kuitenkin aiheutuu, jos tiilessä on runsaasti kosteutta pakkasten tullessa ja mitä enemmän sitä on, sitä todennäköisemmin tiili vaurioituu. Tiili on huokoinen materiaali ja se imee itseensä kosteutta ympäröivästä materiaalista ja ilmasta. Tiilen laatu eli se kuinka korkeassa lämpötilassa tiili on poltettu, vaikuttaa tiilen pakkasenkestävyyteen. Mitä korkeammassa lämpötilassa tiili on poltettu, sitä enemmän tiilessä on suuria huokosia suhteessa kokonaishuokosmäärään. Suurissa huokosissa vedellä on enemmän tilaa jäätyä. Vesi laajenee jäätyessään noin 9 %. Lisäksi tummaksi poltetut tiilet imevät vähemmän kosteutta kuin matalapolttoiset tiilet, jolloin tiilellä on paremmat mahdollisuudet säästyä pakkasista ehjänä. Jos tiili on läpimärkä tiilen huokokset eivät riitä veden jäätyemisessä tapahtuvaan laajenemiseen, jolloin tiilestä lohkeaa lastu. (Kaila 1997, 109 - 110 ja Siikanen 2001, 81.) Vaurioita tiilelle aiheutuu myös silloin, kun veden kapillaarinen kulkeutuminen ulos tiilen huokosrakenteessa on estynyt. Niin voi käydä, kun kitey-

tynyt suola on tukkinut tiilen huokoset tai tiilen pinnassa oleva vesi on jäänyt. (Franke & Schumann 1998, 65.)

Paksun bastionin jokainen ampuma-aukko kärsii kosteudesta. Ampuma-aukkojen tiiliholveihin imeytyy kosteutta ja vettä sateesta ja ilmankosteudesta, mutta myös sitä ympäröivästä valumuurirakenteesta. Muurin sisällä liikkuu suuria määriä vettä. Ampuma-aukoissa pakkasrapautumista esiintyy sekä yksittäisissä tiilissä kuten kuvassa 31 että suuremmissa alueissa kuten kuva 28 osoittaa. Alueet, joissa pakkasrapautumista esiintyy ovat selkeästi kosteudelle alttiita.

7.5 Biologiset rapauttajat

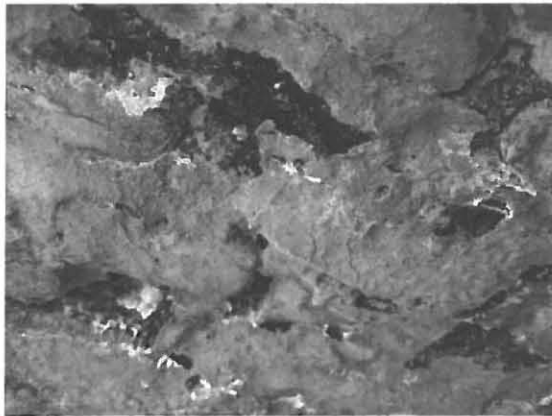
Ampuma-aukkojen pinnassa on vaihtelevasti vihertäviä alueita, jotka ovat lian ja kosteuden aiheuttamia. Kasvusto on kosteimmissä paikoissa levämäistä, paikoin kasvusto on sammalta.



KUVA 32. Ampuma-aukko L 104 kärsii kosteudesta. Kosteus on edesauttanut biologisen kasvuston muodostumista.

Biologinen kasvusto edesauttaa rakenteen märkänä pysymistä ja saasteiden imeytyminen rakenteeseen helpottuu. Sammalten juurihapot liuottavat kalkkia saumoista (Naakka ym. 1995). Ampuma-aukkojen holvipintoja on korjattu paina-

malla pintaan tummanharmaata sementtipitoista laastia. Ongelmat eivät ole poistuneet, eikä vesikään ole päässyt haihtumaan kovan laastin läpi. Laasti on irronnut palasina ja alta on paljastunut tiilen rikkonainen märkä pinta johon on alkanut hyvien kasvuolosuhteiden johdosta kasvaa sammalta, katso kuva 33. Paksun bastionin ampuma-aukoissa on vain vähän muuta kasvillisuutta.



KUVA 33. Ampuma-aukon L 106 holvin sammalkasvustoa.

Osassa holvikaarista kasvaa heinää sellaisissa paikoissa, joihin humuspitoista ainetta on päässyt kerääntymään. Tällaisia paikkoja ovat rapautuneen tiilen tai laastin jättämät onkalot, jotka tarjoavat tulevaisuudessa hyviä kasvualustoja myös suuremmille kasveille, kuten puille.

7.6 Kalkkikuoren muodostuminen

Paksun bastionin ampuma-aukkojen pintoihin on muodostunut kalkkikuorta. Kalkki on tuullut tiiliholvin läpi pienistä koloista ja halkeamista ja kovettunut holvin pintaan. Kalkkikuori on kova ja tiivis ja muistuttaa hieman simpukan kuorta.



KUVAT 34 ja 35. Tiiliholvien pintaan on muodostunut kovaa kalkkikuorta.

Kirjassa *Natursten i byggnader* (Löfvendahl, Andersson, Åberg & Lundberg 1994, 61) kerrotaan kalkkikuoren ja stalaktiitin muodostuvan usein rakennuskivien sementillä tai kalkkilaastilla täytettyjen liitosten saumakohtiin. Kalkkipitoinen vesi valuu rapautuneen sauman kautta ulos ja kovettuu kiven tai tiilen pintaan. Kalkkasideaine liukenee, kun muurauslaasti on jatkuvasti hyvin märkä. Kalkin uudelleen kiteytyminen alkaa olosuhteiden muuttuessa kuivemmiksi. (Von Konow 2009, 34, Laastin rooli...) Ampuma-aukkojen tiiliholveissa kosteus on suuri. Valumuurin sisässä liikkuu runsaasti vettä. Vesi on liuottanut muurissa ja holvissa olevan laastin sideainetta ja kuljettanut sitä mukanaan ulos rakenteesta. Kalkin kiteytyminen on käynnistynyt sen päästyä ulos kuivempiin olosuhteisiin. Liukeneminen ja uudelleen kiteytyminen voi tapahtua useita kertoja (Von Konow, 2009, 34. Laastin rooli...). On mahdollista, että muurin sisässä on ollut karbonatisoituneen (kovettuneen) kalkin joukossa ei-karbonatisoitunutta kalkkia (Von Konow 2009, sähköpostiviesti). Laasteista enemmän luvussa 5.3.

Ei ainoastaan kalkkilaastista vaan myös Parmu-korjauslaastista voi veden mukana kulkeutua holvien pintaan sideainetta. Mikäli Parmu-laasti ei ole täysin hydratoitunut (kovettunut) siitä voi kulkeutua veden mukana kalsiumhydroksidia holvien pintoihin ja aiheuttaa vaaleita valumajälkiä. (Von Konow 2009, sähköpostiviesti.)

8 KONSERVOINTISUUNNITELMA

8.1 Alustus

Konservoinnin näkökulmasta on tärkeää saada ampuma-aukot säilymään tuleville sukupolville mahdollisimman autenttisenä. Jotta tämä tavoite toteutuisi on mietittävä mitä toimenpiteitä ampuma-aukkojen säilyminen edellyttää. Ei tule ainoastaan korjata ampuma-aukkojen näkyviä vaurioita, vaan on syytä tarkastella vaurioitumista hieman laajemmasta näkökulmasta.

Olavinlinnan Paksun bastionin ampuma-aukkojen vaurioita tarkasteltaessa, kaikki niistä olivat tavalla tai toisella veden tai kosteuden aiheuttamia. Muurirakenteen ja ampuma-aukkojen vaurioituminen voitaisiin ajatella karkeasti yksinkertaistettuna seuraavanlaisena tapahtumien ketjuna: Kuorimuurin saumojen rapautuessa ja vesieristyksen vaurioituessa vettä pääsee muurirakenteeseen. Vesi liuottaa laastista sideainetta ja kuljettaa sitä ampuma-aukkojen pintaan missä se kiteytyy kovaksi kalkkikuoreksi (esteettinen haitta). Laastin sideaineen liukenemisen myötä valumuurirakenteeseen syntyy koloja, joissa on vain hiekkaa jäljellä. Muuriin syntyneisiin koloihin, niin sanottuihin vesipesiin, kerääntyy vettä. Muurin sisään jäänyt vesi on jäänyt ja työntänyt valumuurin kuorta irti ytimeästä. Ampuma-aukoissa kuoren työntyminen irti ytimeästä (vaakaroutuminen) ilmenee ampuma-aukkojen reunalueille syntyneinä halkeamina. Muurin sisällä liikkuva vesi on kastellut ampuma-aukkojen holvirakenteen paikoin läpimäräksi, mikä on aiheuttanut tiilen pakkasrapautumista. Märkä holvin pinta on ollut myös hyvä kasvualusta biologisille kasvu- toille. Halkeamia on paikattu tiiviillä sementtipitoisella laastilla. Sementtipitoinen laasti on edelleen edesauttanut tiilten rapautumista, kun vesi ei ole päässyt tiiviin laastikerroksen läpi haihtumaan. Sementtipitoisesta laastista on myös imeytynyt tiilelle haitallisia vesiliukoisia suoloja holviin.

Aina ennen korjaukseen ryhtymistä tulee selvittää rakenteen kunto ja toimivuus, sekä miten ympäröivä rakenne toimii yhdessä korjattavan rakenteen kanssa. Yksittäinen rakenne tai rakenteen osa harvoin toimii itsenäisesti ja riippumattomana

muusta ympäröivästä rakenteesta. Ennen Olavinlinnan Paksun bastionin konkreettisten restaurointitöiden alkamista syksyllä 2009, taustatyötä oli tehty jo paljon. Museoviraston rakennushistorian osastolla oli muun muassa tehty paksun bastionin julkisivuista vauriokartoitus ja korjaustöiden toteuttamista varten oli laadittu rakennustapaselostus, joka toimi ohjeistuksena niin valumuuria korjaavalle yritykselle kuin ampuma-aukkoja korjaaville konservaattoreillekin. Lisäksi laastitutkija Thorborg von Konow oli tehnyt yksilölliset korjauslaastireseptit Paksussa bastionissa tehtäviä restaurointitöitä varten.

8.2 Ampuma-aukkojen konservointisuunnitelma vauriokartoituksen ja rakennustapaselostuksen pohjalta

8.2.1 Korjaustyön dokumentointi

Ennen korjausta tulee ampuma-aukoista ottaa sellainen valokuva, johon saadaan merkittyä korjauksen aikana vaihdetut tiilet. Koska moneen kertaan uusittu sementtipitoinen saumalaasti vaihdetaan kokonaan uuteen hydrauliseen kalkkilaastiin, ei sitä tarvitse erikseen merkitä kuvaan. Mikäli ampuma-aukkoihin joudutaan kuitenkin paikoin jättämään sementtipitoista laastia sen vaikean poistettavuuden vuoksi, nämä alueet tulee merkitä kuvaan. Dokumentointiin tulee kirjata erityis huomiot, jos sellaisia tulee vastaan, kuten esimerkiksi holvin korjauksen yhteydessä paljastuvat onkalot. Lisäksi eri työvaiheista ja työmenetelmistä tulee ottaa valokuvia.

8.2.2 Halkeamat

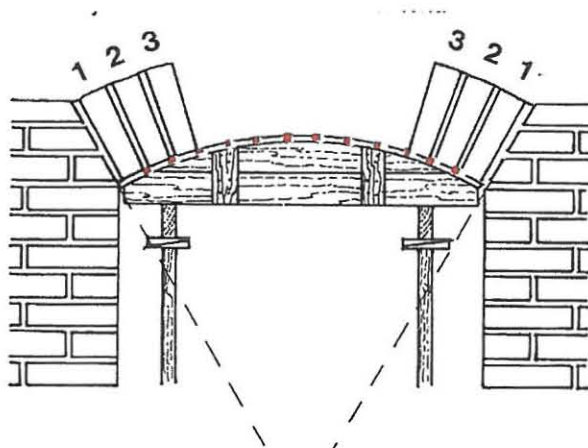
Museoviraston rakennushistorian osaston laatimassa rakennustapaselostuksessa Paksun bastionin tiilirakenteiden halkeamien korjauksesta ja tiilen vaihdosta on annettu seuraavia ohjeita:

Tiilimuurausten halkeamat avataan käsityökaluilla ja varovasti käsin piikaten. Halkeaman avaaminen aloitetaan alhaalta ja korjaus tehdään sopivissa osissa siten, että koko rakenne ei ole samanaikaisesti au-ki...Mikäli tiili on niin rapautunut, että se vaarantaa ympäröivän rakenteen, se vaihdetaan. Vaurioitunut tiili irrotetaan varovasti ja viereiset saumaukset poistetaan. Alue puhdistetaan ja pestään...Korjattava alue kastellaan kunnolla ja lisättävien tiilien annetaan olla vedessä useita tunteja. Ennen muurausta tiilen pinnan täytyy kuivahtaa matakosteaksi...

Seinän suuntaisesti koko holvin läpi kulkevia halkeamia korjattaessa pahoin vaurioituneiden tiilien vaihto aloitetaan alhaalta holvin reunoilta, kuten ohjeessa mainitaan, jolloin saadaan uudet korjaustiilet hyvin tukeutumaan paikoilleen. Työtä jatketaan molemmilta reunoilta ylöspäin, jolloin vaihdettava tiili voidaan muurata aina edellisen korjaustiilen päälle. Jos korjattavissa kohdissa tiilien alkuperäinen limitys on havaittavissa, tehdään se samanlaiseksi. Suurissa vaurioalueissa, kuten kuvassa 26 olevissa halkeamassa, tärkeintä on kuitenkin saada tiilet limittymään niin, että holvin rakenne saadaan sidottua yhtenäiseksi toimivaksi rakenteeksi. Kun työtä tehdään yläviistoon ja suoraan ylöspäin, tulee muurattu tiili tukea esimerkiksi laudan avulla paikoilleen kunnes laasti on kovettunut riittävästi. Jos muutamaa tiiltä suurempi alue korjataan kerralla, on hyvä valmistaa etukäteen puusta tai puulevystä, kuten vanerista tukimuotti.

Holvikaaren korjaukseen on rakennustapaselostuksessa annettu seuraavat ohjeet:

Vaurioitunutta tiiliholvia korjatessa tuetaan holvi alapäin muotilla, joka tehdään puusta ja vanerista. Tiiliä poistetaan ja korvataan uusilla tarvittaessa, kunnes holvikaari on jälleen ehjä. Kaaren muodon ja limityksen on vastattava täsmälleen alkuperäistä. Muotti poistetaan vasta kun laasti on lujittunut.



KUVA 36. Esimerkki holvikaarten tukimuotista. Kuvassa näkyvien kiilaparien avulla muottia voidaan tarvittaessa kiristää ja muotti on myös helppo purkaa.

8.2.3 Vesiliukoisten suojojen aiheuttamat vauriot

Suolan pääsemistä rakenteeseen on mahdotonta ehkäistä kokonaan. Ampuma-aukkojen pintaan kiteytynyt suola voidaan poistaa harjaamalla se ampuma-aukkojen pinnasta alas esimerkiksi muovin päälle ja keräämällä siitä talteen. Sementtilaastien käyttöä tulee myös välttää. Suojojen rapauttamat lohkeilleet tiilenninnat ovat altimpia kosteudelle ja lialle, joten vaurioitunut tiili voi olla perusteltua vaihtaa ehjään.

8.2.4 Liian kovan korjauslaastin tiilelle aiheuttamat vauriot

Ampuma-aukkojen korjauksen yhteydessä sementtipitoisella laastilla tehdyt tiiviit saumat tulee poistaa ja korvata Olavinlinnan tiiliholvien muuraukseen ja saumaukseen suunnitellulla hydraulisella kalkkilaastilla. Ennen uudelleensaumausta avatut saumat tulee puhdistaa esimerkiksi pensselin avulla. Saumattava alue tulee kostuttaa edellisenä päivänä ja vielä ennen saumaamista, jotta saumalaastin vesi ei imeytyisi tiiliin liian nopeasti jolloin saumoihin on vaarana syntyä halkeamia. Saumalaastin tulee olla jäykkää, jotta se ei sotke tiiliä. Saumalaasti painetaan saumaan tiukasti erikokoisia saumarautoja apuna käyttäen. Pinta harjataan sopivan näköiseksi, jotta se ei ole liian sileä ja jotta laastin tumma runkoainen saadaan

esiin. Saumoja jälkikastellaan muutaman vuorokauden ajan. Kuvassa 14 keskellä on näkyvissä uusia kalkkilaastisaumoja.

Kuvissa 13 ja 28 tiiliholvien pintaan on paineltu tiivis laastikerros, joka aiheuttaa tiilille lisävaurioita. Laastia tulee yrittää poistaa siltä osin, kun se onnistuu aiheuttamatta tiilelle lisävauriota. Toisaalta laasti on suurimmaksi osaksi levitetty tiilen pintaan paikkaustarkoituksessa ja se sijaitsee enimmäkseen ampuma-aukkojen reuna-alueella, jossa suuret halkeamat kulkevat. Kun aukkojen reuna-alueet korjataan vaihtamalla tilalle ehjät tiilet, halkinaisten tiilten mukana lähtee suuri osa myös laastipaikkauksista.

8.2.5 Pakkasrapautuminen

Pakkasrapautumisen tulisi vähentyä, kun ampuma-aukkoihin ei enää tule niin paljon kosteutta holvia ympäröivästä valumuurirakenteesta muurin ja ampumatasanteen vedeneristeen korjaamisen jälkeen. Lisäksi, kun saumat uusitaan hydraulisella kalkkilaastilla, saumat eivät enää osaltaan estä veden kulkeutumista ulos rakenteesta.

8.2.6 Biologiset rapauttajat

Tiiliholvit tulee puhdistaa biologisista kasvustoista. Kasvit, kuten heinät, kukat ja sammaleet tulee poistaa nyppimällä ja niiden kasvualustat tulee harjata puhtaiksi. Tällaisia kasvualustoja on lähinnä holvikaarten aukoissa, joista tiili tai laasti on rapautunut pois. Holvikaarten kolot tulee paikata tiilten ja laastin avulla. Jos holvikaa-resta on rapautunut tiili, kolo tulee myös paikata tiilellä. Laastittomat saumat puhdistetaan ja saumataan uudelleen. Osan holveista sisäpintoihin on muodostunut vihertävän mustaa leväkasvustoa. Leväkasvusto tulee kuivumaan, kun holvin pinta kuivuu, jonka jälkeen sen voi harjata pois. Mikäli näin ei tapahdu, leväkasvustoa voidaan koittaa pestä holvipinnasta kastelemalla holvin pinta vedellä ja harjaamalla. Harja ei saa olla niin kova, ettei se vaurioita tiilen pintaa. Tämän jälkeen holvi-

pintaa tulee huuhtoa varovasti. Puhdistustulos nähdään vasta pinnan kuivuttua ja käsittely voidaan tarvittaessa toistaa. Leväkasvusto on syytä poistaa kesän aikana, jolloin pesemisessä käytettävä vesi vielä haihtuu tiilestä eikä pääse tiileen imeytymisen jälkeen jäätämään ja rapauttamaan tiiltä.

8.2.7 Kalkkikuoren puhdistaminen

Ampuma-aukkoihin on syntynyt paikoin kalkkikuorta. Kalkkikuori on kovaa ja vaikeasti poistettavissa. Isoimmat kalkkikuorialueet ovat holvin halkeamien ympärillä, kuten kuvassa 35. Korjattaessa halkeamia uusilla tiilillä osa syntyneestä kalkkikuoresta lähtee vaurioituneiden tiilten mukana. Jäljelle jäävää kalkkikuorta ei välttämättä kannata lähteä puhdistamaan, sillä tiilipinta tulisi todennäköisesti kärsimään puhdistuksesta kohtuuttomasti. Kalkkikuori ei ole holville vaaraksi, se voidaan nähdä esteettisenä haittana tai kauniina ajan tuomana patinana.

8.2.8 Korjaustiilten valinta

Paksun bastionin ampuma-aukkojen korjauksissa on aikaisemmin käytetty uusia korjaustiiliä. Linnahan tilattiin vuonna 1973 noin 30 000 kappaletta täyskiviä, joiden koko oli 257 x 125 x 57 mm. Uudet tiilet erottuvat selvästi räikeämpinä kohtina muusta holvipinnasta. Tämänkertaisissa korjauksissa päätettiin käyttää Olavinlinnaan varastoituja vanhoja tiiliä, jotka on todennäköisesti otettu talteen aikaisempien korjaustöiden aikana. Tiilet eivät erotu muusta tiiliholvirakenteesta, jolloin holvit saadaan korjattua yhtenäisen näköisiksi. Vanhojen tiilten käyttö korjausmateriaalina on perusteltua myös siitä syystä, että ne ovat olleet jo aikaisemminkin osa Olavinlinnaa.

8.2.9 Ampuma-aukkojen pohjien pellitykset

Paksun bastionin toisen kerroksen ja ylhäällä olevan ampumatasanteen aukkojen pohjaan tullaan tekemään pellitykset, kun ampuma-aukkojen korjaukset saadaan aikanaan valmiiksi. Pellitykset tehdään, koska aukkojen luononkivestä ja laastista tehdyt pohjat eivät ole olleet riittävän vesitiiviit ja pohjien alle on kertynyt vettä. Ensimmäisen kerroksen ampuma-aukkojen pohjat jätetään pellittämättä, koska kestäisimmin ampuma-aukkoja käytetään kulkuteinä.

8.3 Tehtyä ja tekemätöntä – ampuma-aukkojen korjaukset syksyn 2009 ja talven 2010 aikana

Korjaustyöt alkoivat syksyllä 2009 Paksun bastionin eteläseinältä niin muurin kuin ampuma-aukkojenkin osalta. Ampuma-aukkoja ympäröivän muurin korjaaminen on ampuma-aukkojen säilymisen kannalta erittäin tärkeää. Ampuma-aukkojen korjaukseen oli annettu ohjeistus lähinnä saumauksen - ja ampuma-aukkojen reunan lähellä kulkevien halkeamien osalta. Korjauksessa ei päästy kuitenkaan tekemään ampuma-aukkojen reuna-alueita (lukuun ottamatta ylimmän ampumatasanteen pieniä ampuma-aukkoja), sillä muurinkorjaustyöryhmän täytyy ennen holvikaaren korjausta täyttää ampuma-aukon ympäröivä luonnonkivimuurirakenne ja tehdä muuripinta valmiiksi. Muurin korjaus ampuma-aukon ympäriltä täytyy tehdä ensin, jotta holvikaari voidaan tehdä seinäpinnan kanssa samaan tasoon. Muurin korjaus voisi myös vaurioittaa korjattua holvikaarta, jos se tehtäisiin vasta jälkepäin. Monessa holvikaarissa tilanne oli se, että ne olivat tulleet hieman seinäpinnasta ulos. Holvikaarten pullistuma vaikutti olevan suoraan verrannollinen ampuma-aukkojen sisällä kulkevien seinän suuntaisten halkeamien leveyteen. Ampuma-aukko L 107 korjattiin holvin ulkoreunaa lukuun ottamatta ja ampuma-aukko L 105:stä korjattiin noin puolen metrin alue ikkunasta ulospäin. Lisäksi ampumatasanteen aukot L 408 ja L 409 korjattiin kokonaan (ampumatasanteen aukot eivät sisälly tähän opinnäytetyöhön). Ampuma-aukkojen korjatuilla alueilla suurin osa tiilistä oli ehjiä, jonka vuoksi vain muutama yksittäinen tiili tai tiilenpala jouduttiin vaihtamaan. Korjaustyö koostui lähinnä sementtipitoisten laastisaumojen avaami-

sesta käsin piikkaamalla ja uudelleen saumauksesta. Uusien tiilten muuraaminen vaurioituneiden tiilten tilalle onnistui holvin kattoon väliaikaisten tukien avulla. Yksittäisen tiilen tukemiseksi alustaan riitti laudanpätkä, joten tukimuottien tekemistä välttyttiin.

Korjaustyöt jäivät tauolle kevättalvella, kun linnaan alettiin pystyttää katosta kesällä järjestettäviä oopperajuhlia varten. Töitä tullaan jatkamaan tulevana vuosina syys- ja talvikausina.

LÄHTEET

- Drake, K. Ym. 1987. *Ars; Suomen taide 1*. Keuruu: Otava.
- Finlands medeltidsurkunder. [Verkkotietokanta]. Arkistolaitos. [16.4.2010]. Saatavana: http://193.184.161.234/DF/search_base.php
- Flink, S. 2010. Intendentti. Museoviraston rakennushistorian osasto. Henkilökohtainen tiedonanto. 31.3.2010.
- Flink, S. & Nordman, J. 2009. Olavinlinnan muurinkorjaus: Alustava rakennustapaselostus (korjattu versio). Museovirasto; Rakennushistorian osasto. Julkaisematon.
- Franke, L. & Schumann, I. 1998. *Damage atlas: Classification and analyses of damage patterns found in brick masonry*. Stuttgart: Fraunhofer IRB. Research report/ European Commission, Protection and Conservation of European Cultural Heritage; no. 8. Volume 2.
- Grasberg, C. J. & Welkin, P. O. 1993. *Suomen keskiaikaiset linnat*. Keuruu: Otava.
- Kaila, P. 1997. *Talotohtori; Rakentajan pikkujättiläinen*. 3. p. Porvoo: WSOY.
- Kavaja, R. 1992. *Muuraustyöt*. 8. p. Jyväskylä: Rakennustieto oy.
- Kauppi, U.-R. 20.5.2008. *Suomen keskiaikaiset kivilinnat: Olavinlinna*. [WWW-dokumentti]. Ympäristöministeriö ja Museovirasto. [12.3.2010]. Saatavana: http://www.byggnadsarv.fi/rakennusperintomme/artikkelit/fi_FI/keskiaikaiset_kivilinnat/#olavin
- Keinänen, W. 2001. *Rakennusopin tietokirja*. 3. p. Helsinki: WSOY.
- Kotkas, E. 2009. *Luonnonkivimuurien mitoitus; Rakennus- ja korjaustekniikka*. SNIL Insinööritoimisto Oy Matti Ollila & Co Vanhanen Oy. Olavinlinna-seminaarin aineistoa. Julkaisematon.
- Kuokkanen, R & Leiponen, K. 1981. *Suomen tiiliteollisuuden historia*. Osa 1: Tiilen lyönti ja käyttö ristiretkiajalta 1850-luvulle. Osa 2: Suomen tiiliteollisuus 1860-1978. Helsinki: Suomen tiiliteollisuusliitto ry. & Tiilikeskus oy.

- Laamanen, M. & Porusi, H-L. 2004. Olavinlinna; Olavinlinnan opaskirja. Museovirasto.
- Linnoitusnimistöä. [WWW-dokumentti]. Helsinki: Suomenlinnan hoitokunta. [Viitattu 16.3.2010] Saatavana: <http://www.suomenlinna.fi/linnoitus/linnoitusjarjestelma/linnoitusnimistoa/>
- Löfvendahl, R., Andersson, T., Åberg, G. & Lundberg, B.A. 1994. Natursten i byggnader; Svensk byggnadsten & Skadebilder. Tukholma: Riksantikvarieämbetet och Statens historiska museer.
- Naakka, E., Mentu, S. & Keskinen, I. (toim.) 1995. Valumuurien korjausohje. Museovirasto; Rakennushistorian osasto.
- Nordman, J. 2010. Arkkitehti. Museoviraston rakennushistorian osasto. Henkilökohtainen tiedonanto. 31.3.2010.
- Olavinlinnan muurinkorjausten perehdyttämispäivä. 2009. Muistio 25.9.2009.
- Olavinlinnan muurinkorjaustyö. 2009. Työmaakokouksen nro 3 pöytäkirja 10.12.2009.
- Pohjola-Pirhonen, H. 1973. Olavinlinnan historialliset vaiheet. Savonlinna: Pyhän Olavin kiltä.
- RT 82-10510. 1993. Tiilirakenteet. Rakennustieto.
- Siikanen, U. 2001. Rakennusaineoppi. 6. uud. p. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- Sinisalo, A. 1961. Olavinlinna entistetään. Teoksessa: R. Heinonen (toim.) Osma 1960 – 1961: Suomen museoliiton vuosikirja. Helsinki: Suomen museoliitto, 6 – 40.
- Sinisalo, A. 1976. 500-vuotias Olavinlinna. Helsinki: Museovirasto.
- Sinisalo, A. 1986. Olavinlinnan rakentamisen vaiheet suuresta pohjan sodasta nykypäiviin. Savonlinna: Pyhän Olavin kiltä ry.
- Tiilen historiaa Suomessa. 2004. [Verkkosivusto]. Museovirasto. [Viitattu 8.2.2010]. Saatavana: <http://www.nba.fi/tiili/index.htm>
- Toivanen, P. 1980. Kaakkoisraja ja sen linnoitukset. Eteläkarjalán museo 7. julkaisusarja. Lappeenranta: Eteläkarjalán museo.
- Venhe, L. Irtaimet tiililöydöt. 1994. Teoksessa: Suna, A. (toim.) Kuisiston linnan tutkimuksia 1985-1993; Museoviraston rakennushistorian osaston raportteja 8. Helsinki: Museovirasto, 32-39.

- Virtanen, P., Huuhka, K., Koivisto, I., Polvinen, T., Tunkelo, E. & Wiio, O. A. 1991. Suomalainen tietosanakirja 9. Espoo: Welin + Göös.
- Virtanen, P., Huuhka, K., Koivisto, I., Polvinen, T., Tunkelo, E. & Wiio, O. A. 1992. Suomalainen tietosanakirja 10. Espoo: Welin + Göös.
- Virtanen, P., Huuhka, K., Koivisto, I., Polvinen, T., Tunkelo, E. & Wiio, O. A. 1990. Suomalainen tietosanakirja 3. Espoo: Welin + Göös.
- Von Konow, T. 2006. Laastit vanhoissa rakenteissa. Helsinki: Suomenlinnan hoitokunta.
- Von Konow, T. 2009. Filosofian tohtori. Tureida. Sähköpostiviesti 27.11.2009.
- Von Konow, T. 2009. Laastin rooli raunion restauroinnissa. 2009. Teoksessa: Muhonen, T. & Lehto-Vahtera, J. (toim.) Ikuinen raunio. Raisio: Aboa Vetus & Ars Nova, 32-38.
- Von Konow, T. 2009. Olavinlinnan vanhojen laastien analyysitutkimus. Tureida. Julkaisematon.
- Väisänen, P. (toim.) 2003. Tiili: Perustietoa arkkitehtipiskelijälle. Espoo: TKK.
- Väisänen, P. (vast. toim.). 2003. Tiili; perustietoa arkkitehtipiskelijälle. Espoo: Teknillinen korkeakoulu.

Kuvaluettelo

Kuvat ovat tekijän, lukuunottamatta kuvia:

KUVA 2. Gardberg & Welin 1993, 109.....	11
KUVA 3. Esko Järventaus. Gardberg & Welin 1993, 113.	13
KUVA 4. Toivanen 1980, 57.	15
KUVA 5. Tuija Väli-Torala.	16
KUVAT 10 ja 11. Keinänen 2001, 2 L 12 ja 1 L 13.....	23
KUVA 15. Museovirasto.	30
KUVA 36. Kavaja 1992, 94.	49