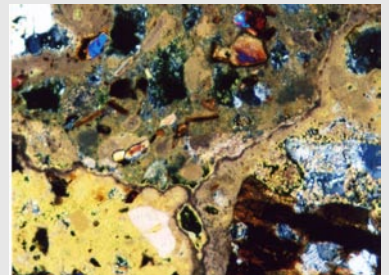




nettikuva Soile Tirilä

# Olavinlinnan vanhojen laastien analyysitutkimus



TUREIDA  
Thorborg von Konow

11.1.2009

Tilaja	Museovirasto, Rho til. 124/2008, Selja Flink ja Sakari Mentu
Kohde	Olavinlinna
Tehtävä	Kellotornista otettujen laastien analyysit

## Sisältö

Tausta ja tutkimuksen tavoitteet	2
Näytteet	2
Tutkimustulokset	
1. Laastinäytteet silmämääräisen tarkastelun pohjalta	4
2. Mikroskooppianalyysit	5
Näyte OL- 3	5
Näyte OL- 6	6
Näyte OL- 8	7
Näyte OL- 9	8
Näyte OL- 10 (parmulaasti)	9
Yhteenveto	10

## Tausta ja tutkimuksen tavoitteet

Taustatiedot pohjautuvat linnan muurikatselmuksen muistioon 3.11.2008 ja palaverimuistioon aiheesta ja tehtävästä<sup>1</sup>. Olavinlinnaa on useissa otteessa korjattu. 1950 luvulla on käytetty sementtilaasteja ja betonia korjaamiseen ja 1970-1990 luvulla on korjaukset tehty Parmu laastilla. Parmulaastilla paikattujen muurisaumojen takana todettiin olevan märkää hiekkaa kovan laastin sijasta. Korjauslaastin ja luonnonkivien välissä todettiin katselmuksessa olevan halkeamia, jotka muodostavat taskuja.

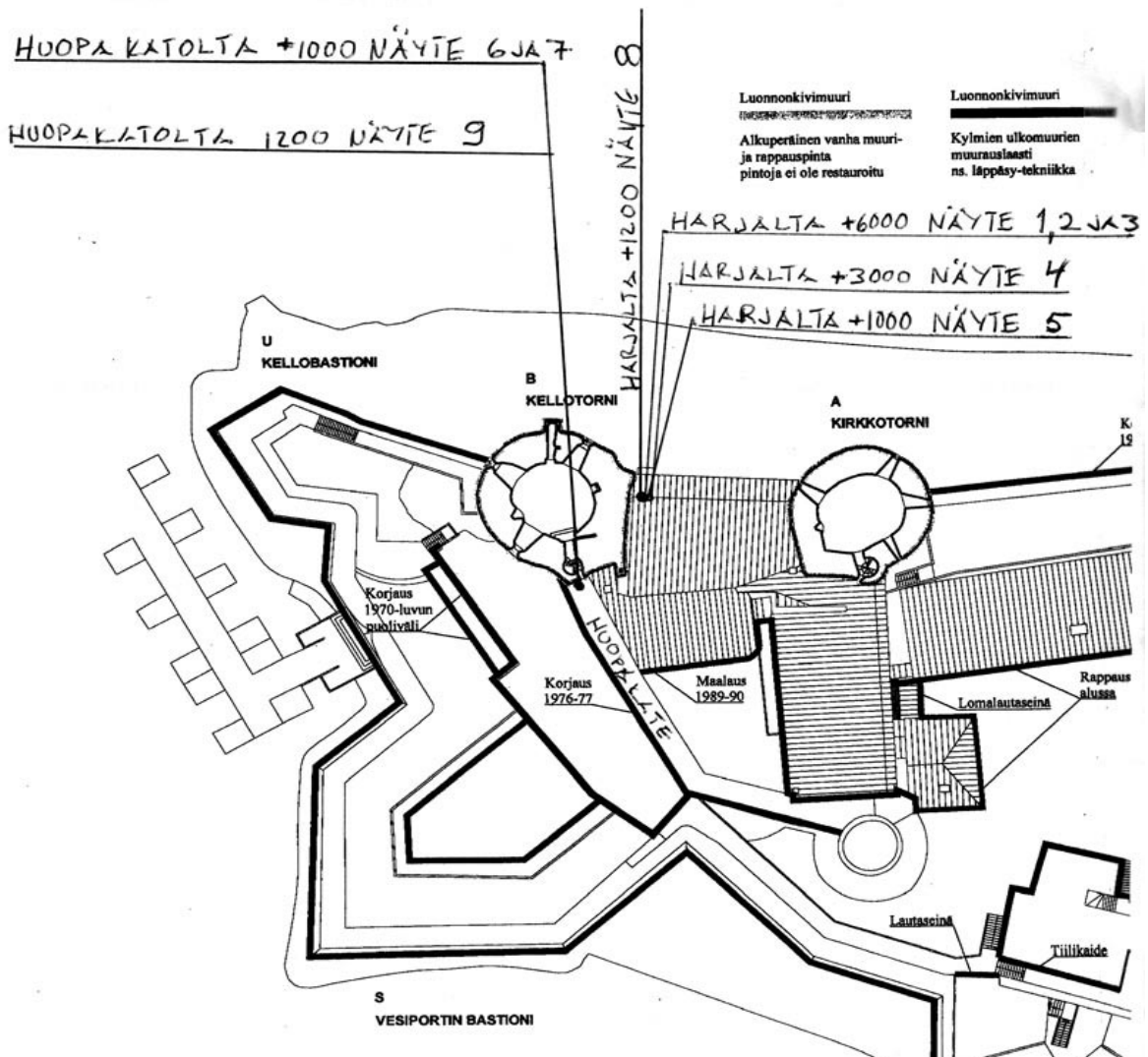
Tutkimuksella selvitetään Olavinlinnan vanhojen kalkkilaastien koostumuksia ja mikrorakennetta. Uusi korjauslaasti on tarkoitus suunnitella vanhan kalkkilaastin pohjalta ja paremmin toimivaksi kuin nykyiset sementtikorjauslaastit. Vanhojen laastien selvitys ja analyysit toimivat myös rakennetun muurin historiallisena dokumenttina.

## Näytteet

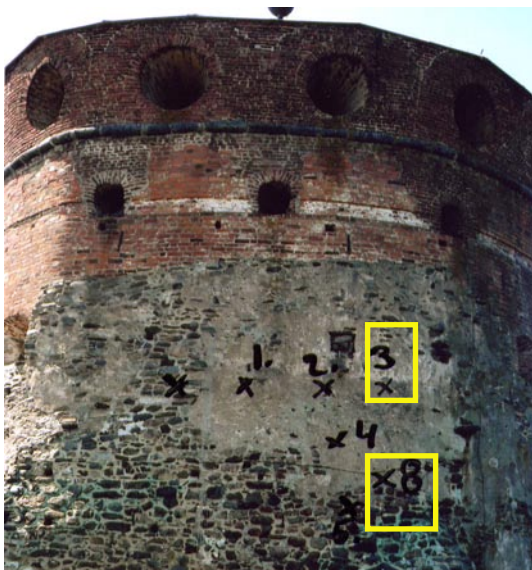
Olavinlinnan kellotornista oli kesällä 2008 otettu 9 laastinäytettä, 6 kpl harjalta ja 3 kpl huopakatolta (ks kuvat ja luonnospiirros).

Kaikki näytteet on tutkittu silmämääräisesti ja tämän perusteella on 4 kpl, näytteet 3, 6, 8 ja 9 valittu tarkempaa analyysia varten. Näytteistä on tehty ohuthieet samoin kuin korjauslaastinäytteestä, jonka sain Selja Flinkiltä palaverin yhteydessä.

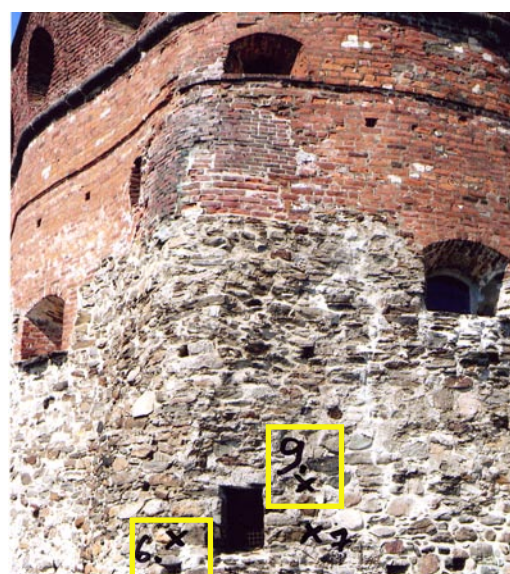
Kaikki näytteet on hieen valmistuksessa leikattu kohtisuoraan pinnasta sisään, eli syvyysuunnassa.



Näytteenottajan kommentit näytteiden sijoituksesta muurissa



Näytteet otettu harjalta  
kuva näytteenottaja



Näytteet otettu huopakatolta  
kuva näytteenottaja

## Tutkimustulokset

### 1 Laastinäytet – silmämääräisen tarkastelun pohjalta

Näytteet on otettu kairakuksella, ellei tosin mainita.

OL- 1 Suurin osa näytteestä on luonnonkiveä. Väri tumman beige.

OL- 2 Otettu paloina, josta yksi isompi. Laasti on suhteellisen kova. Väri beige.

**OL- 3** Suht. pieniä paloja. Laasti on hauras ja tasarakeinen. Väri beige.

OL- 4 Hyvin hauras ja mureneva. Väri beige, samantyyppinen kuin OL-3

OL- 5 Taikinamainen pala ja hyvin kostea – tehdyn analyysin mukaan näyte on savea.

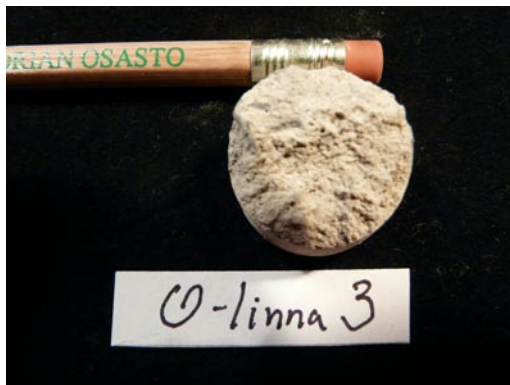
**OL- 6** Pitkä osa näytteestä on kiveä. Laastipalanen pieni. Laastin on hauras. Väri vaalean harmaa.

OL- 7 Kovempi kuin näyte OL-6. Väri sama kuin OL-6

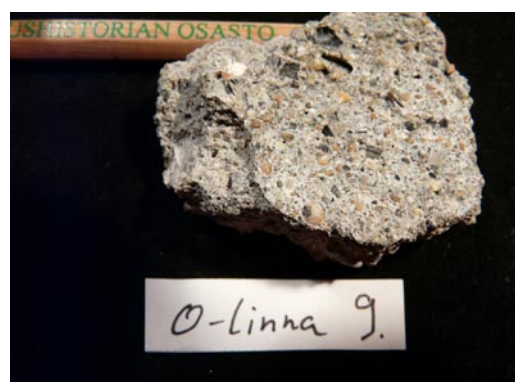
**OL- 8** Otettu paloina, joista suurin 60x40x40mm. Pinta likaantunut. Pinnassa kiveä vastaan on kuparista värjäätynyt. Laasti on kova ja runkoaineessa on mustaa ainesta. Väri on harmaa.

**OL- 9** Otettu paloina. Pinnassa on sammalta ja kalkkipaakkuja erottuu selvästi. Väri harmaa.

**OL-10** Korjauslaasti palana. Luonnonkivisaumasta. Erittäin kova. Väri tumman harmaa



Pintä ulospäin



Pinta kiveä vasten

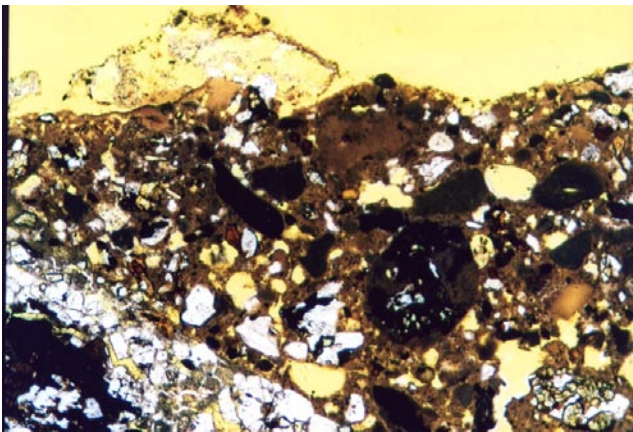
## 2 Mikroskooppianalyysit

### Laasti OL- 3

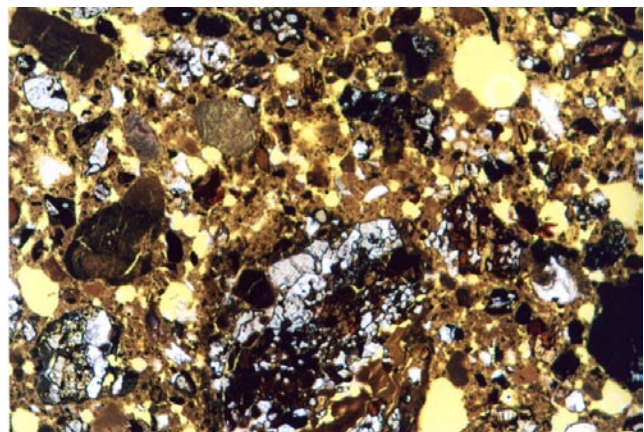
Laastilla on mielenkiintoinen mikrorakenne. Suuri osa huokosista ovat pieniä  $\varnothing$  0,05 – 0,1 mm ja myös suuremmat huokokset ovat suhteellisen pieniä  $\varnothing$  0,4 mm. Halkeamia on tosin vähän ja ne ovat ohuita. Laastin huokosrakenne edustaa kestäväää laastia. Sideaine on kalkkia, jossa on paljon kalkkipaakkuja, joista muutama on lievästi hydraulinen. Sideainekalkki on täysin karbonatisoitunut.

Runkoaine on myös erikoinen. Siinä on huomattavan paljon filleriä (raekooltaan  $< 0,2$  mm) ja paljon raekooltaan 0 - 0,05 mm. Heinoaineksen osuus historiallisissa laasteissa on ylänsä ollut pieni. Kiviaines on dioriittia, karbonaatti- ja silikaattikiveä, eli sopii kuvaan Saimaan liuskealueen kuvaukseen<sup>2</sup>. Mineraalien joukossa erottuu runsaasti pyrokseenia (voimakas keltainen polarisoidussa valossa, mikroskooppikuvien tekstissä merkitty *nikolit X*) ja runsaasti biotiittia (ruskea mineraali polarisoidussa ja ei polarisoidussa valossa, mikroskooppikuvien tekstissä merkitty *nikolit II*), kvartssia, muskoviittia ja plagioklaasia. Runkoaineen joukossa on myös kuonaraakeita josta suurin on 7,5 x 2 5 mm. Suurin osa runkoaineesta on pitkämuotoista. Runkoaineen suurin raekoko on 5 x 2,5 mm.

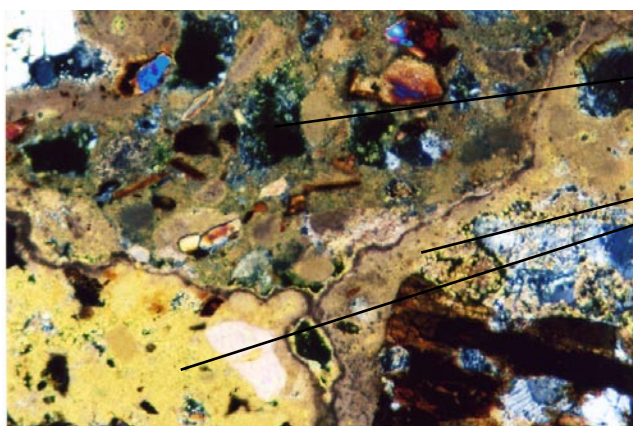
Laastin koostumus on paino-osina noin K 100/600. Jos lasketaan mukaan subhydraulisen<sup>3</sup> osan, on arvioitu koostumus KKh 90/10/600.



Laasti OL- 3. Laastin pinnassa näkyy ylhäällä ohut liakerros. Tumman ruskeat pyöreät kentät ovat kalkkilaastille tyypilliset kalkkipaakut kooltaan 0,3 - 0,5 mm. Huokokset ovat keltaisia. Runkoaines on vaaleaa tai mustaa. Suurenus 4x nikolit II. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



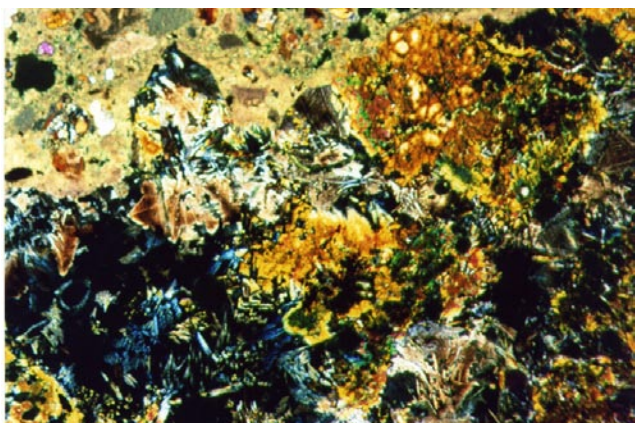
Laasti OL- 3. Laastin huokoisuus on tasalaatuinen, huokokset suhteellisen pienet 0,05 - 0,1 mm. ja halkeamat ohuet (keltaisia). Laastissa on runsaasti filleriä, kuvassa ruskeat ja vaaleat pienet rakeet. Suuri rae keskellä alhaalla on pyrokseenia. Suurenus 4x nikolit II. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



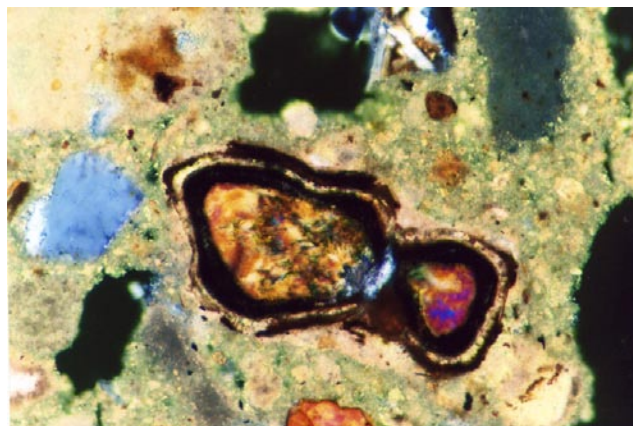
Huokosia

Kalkkipaakut

Laasti OL- 3. Laastissa kaksi kalkkipaakkua, jotka yhtyvät, keskellä kuvaa. Huokokset ovat mustat ja niissä näkyy portlandiittia (kalsiumhydroksidisuolaa). Ruskea rae alhaalla oikealla on runkoaine, biotiittia. Suurenus 4x nikolit X. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



Laasti OL- 3 Laastissa oleva suuri kuonarae. Mustat alueet ovat isomorfista, eli lasimaista kuonaa. Suurennus 10x nikolit X. Kuva vastaa noin 1,2 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



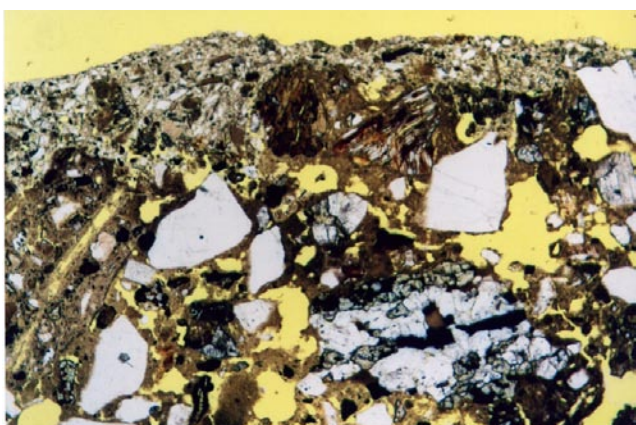
Laasti OL- 3 Rae keskellä on reagoanut hydraulisesti kalkkasideaineen kanssa. Reaktiosauma rakeen ympärillä. . Suurennus 20x nikolit X. Kuva vastaa noin 0,7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.

## Laasti OL- 6

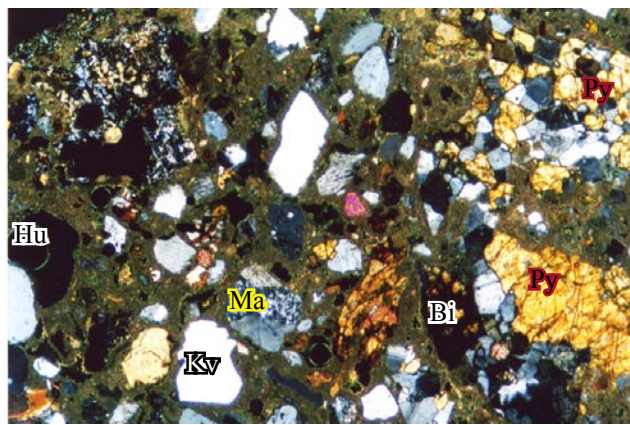
Tämän laastin sideainetyyppi on samanlainen kuin laastin OL- 3, sen sijaan huokosverkosto on avonaisempi, eli halkeamat leveämmät ja muutama huokonen on onkalomainen. Suurin huokonen on  $\varnothing$  0,8 mm. Sideaineessa on kalkkipaakkuja kuten edellisessä laastissa, mutta näissä ei ole hydraulisuutta.

Runkoaine on pääosiltaan samanlaista kuin laastissa OL- 3, mutta maasälpää ja kvartsia on tässä näytteessä enemmän. Laastissa on myös filleriä mutta ei niin runsaasti kuin OL- 3 näytteessä. Päämineeraalit ovat pyrokseenia, biotiittia ja kvartsia. Suurin raekoko on 2,5 – 3 mm. Muurauskivi oli mukana kairausnäytteessä ja laastin tartunta kiveen on moitteeton. Kivi on graniittia.

Laastin koostumus on noin K 100/500. Hydraulisuutta on niin vähän ettei sitä ole huomioitu koostumuksen määrittelyssä.



Laasti OL-6. Laastin pinnassa, ylhäällä, on 0,2 - 0,5 mm:nen kalkki-fillerikerros ja likaa. Sideainetta on pintakerroksessa hyvin vähän. Laastin huokokset ovat suurempia kuin ed. näytteessä ja halkeamat vähän leveämmät (kuvassa keltaisia). Runkoaine on vaaleaa ja harmaata. Suurennus 4x nikolit II. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



Laasti OL- 6. Kuvassa näkyy runkoaineen mineraalit selvästi. Kv = kvartsia, Bi= biotiittia, Ma= maasälpää, Py = pyrokseenia. ja huokokset ovat mustia, Hu. Suurennus 4x nikolit X. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.

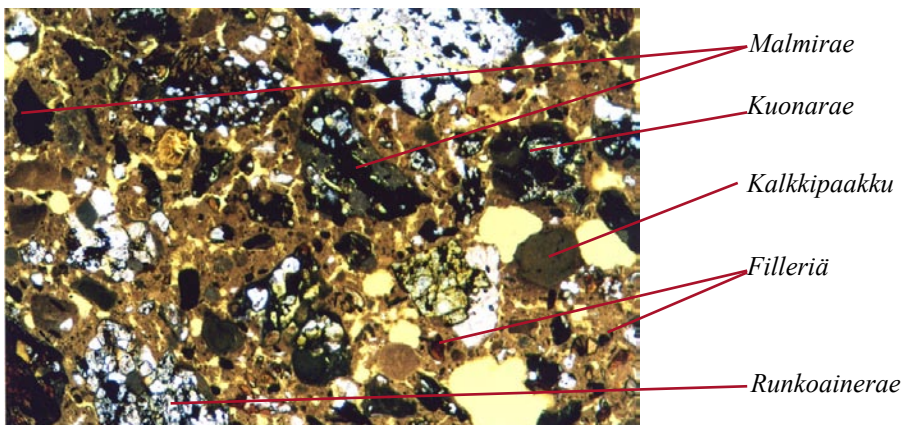
## Laasti OL- 8

Laasti muistuttaa paljon laastia OL- 3, sekä huokoisuudeltaan että runkoainetyypiltään. Laastit näyttävät samanikäisiltä. Laastissa OL- 8 on kuitenkin huomattavasti enemmän malmimineraaleja kuin muissa laasteissa. (Laastikappaleen pinnassa oli kuparia.) Tämä pieni poikkeavuus saattaa olla sattuma. Jos laastien sekoittamiseen on käytetty eri hiekkakasoja, saattaa niiden runkoaineen mineraalikoostumuksissakin olla pieniä eroja.

Laastin sideaine on kalkkia ja siinä on aika paljon kalkkipaakkuja, kuten laastissa OL- 3. Huukokset ovat suhteellisen pieniä noin  $\varnothing$  0,3 mm ja pienempiä. Halkeamat ovat ohuet. Ne eivät muodosta halkeamaverkostoa, joka tarkoittaa että laasti on suhteellisen tiivis ja homogeeninen.

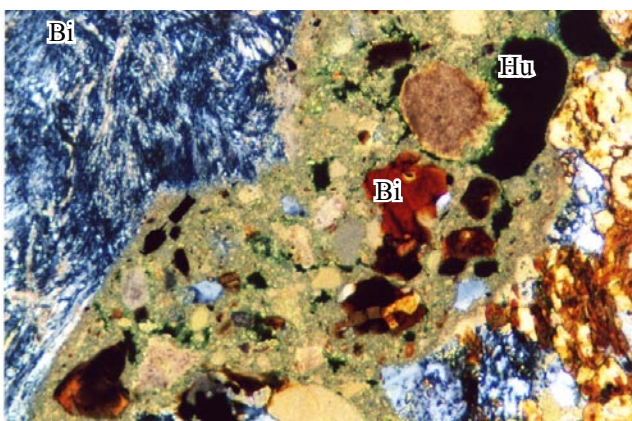
Runkoaineen mineraalit ovat samantyyppisiä kuin laastissa OL- 3, mutta joukossa on myös yksi vuolukivirae kooltaan 2,5 x 0,8 mm. Laastissa on myös kuonaraakeita. Suurin raekoko on 3,8 x 5mm ja laastissa on runsaasti filleriä.

Laastin koostumus vastaa näytteen OL-3 koostumusta, eli K 100/550. Tässä laastissa on myös lievää hydraulisuutta eräissä kalkkipaakuissa ja kuonaraakeissa. Jos nämä lasketaan mukaan on koostumus noin KKh 90/10/550.



Laasti OL- 8. Laastissa on tiheitä alueita, jossa on vain ohuita halkeamia. Huukokset ovat suhteellisen pienet 0,05 - 0,1 mm (keltaisia). Laastissa on runsaasti filleriä, kuvassa ruskeat ja vaaleat pienet rakeet.

Suurennus 4x nikolit II. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



Laasto OL- 8. Vasemmalla on suuri talkkirae (vuolukiven mineraali). Tumman ruskeat rakeet ovat biotiittia, joista osa ovat pitkälle rapautuneita. Huukonen ylhäällä on musta. Suurennus 10x nikolit X. Kuva vastaa noin 1,2 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.

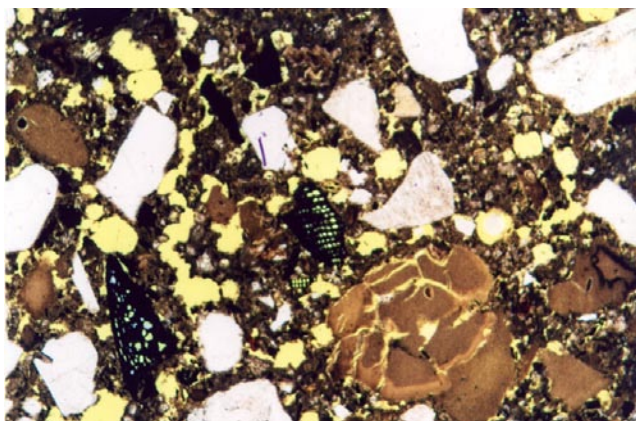
## Laasti OL- 9

Laasti eroaa muista laastinäytteistä. Sideaineessa on, muihin näytteisiin nähden, paljon hydraulista ainesta. Osa vaikuttaa pitkälle hydratoituneelle sementille, osa on hydraulisuutta kalkkipaakuissa ja osa on tunnistamatonta hydraulista ainesta. Palanneita puussälejä, eli puuhiiltä on laastissa myös runsaasti. Tässä runsaudessa ne ovat suomalaisille historiallisille laasteille varsin harvinaisia. Puuhiilisäle laastissa on hyvin pientä  $\varnothing$  0,01 mm ja yli 3 mm kuituna. Jää epäselväksi miksi laastissa on niin paljon puuhiiltä. Puutuhkaa voi joutua kalkkiin, kun kalkkiuunia tyhjenetään, mutta poltettua kalkkia pyritään tavallisesti ottamaan mahdollisimman puhtaana uunista.

Laastin huokokset ovat kooltaan  $\varnothing$  0,05 – 0,5 mm ja laastissa on halkeamia. Laastissa ei kuitenkaan ole avonaista huokosverkostoa, joka heikentäisi sen säänkestävyyttä.

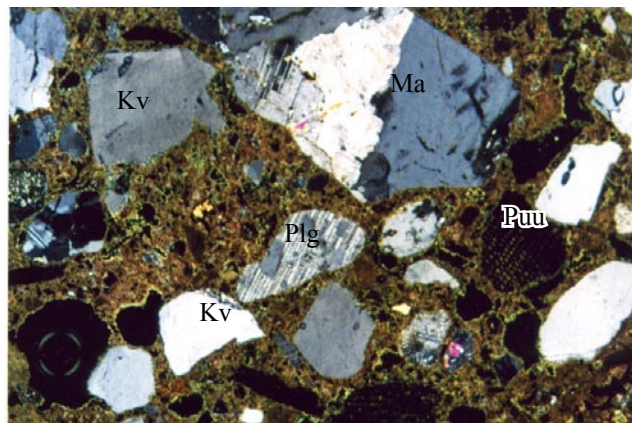
Laastin runkoaine poikkeaa myös muiden laastien runkoaineesta. Tässä näytteessä päämineraalit ovat kvartssia ja maasälpää, eli graniitin päämineraalit. Suurin raekoko on 2,5 mm ja pienin noin 0,05 mm. Filleriä runkoaineessa on niukasti.

Laastin koostumus hydraulisine sideaineineen on noin KKh 60/40/550.



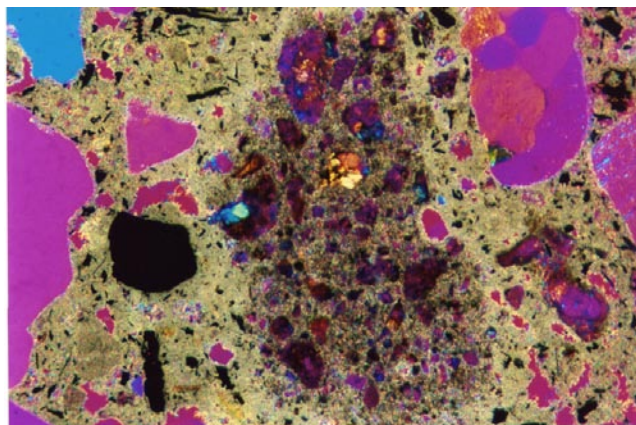
Laasti OL-9. Laastin huokokset ovat pääosiltaan pieniä mutta halkeamat vähän leveämmät (kuvassa keltaisia). Puuhiilisäleet näkyvät kuvassa mustina valkoisine tekstuurineen. Suuri ruskea rae on kalkkipaakku, jossa on reaktiivista ainesta.

Suurennus 4x nikolit II. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



Laasti OL-9. Laastin huokokset ovat kuvassa mustia. Runkoaine on pääosiltaan kvartssia (Kv), maasälpää (Ma) ja plagioklaastia (Plg), siis erilaisia kuin muiden laastien mineraalit. Puuhiili näkyy mustana vaalealla tekstuurilla.

Suurennus 4x nikolit II. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



Laasti OL-9. Laastin hydraulisuus näkyy mm keskellä kuvaa, jossa on kokonainen kenttä pienirakeista hydraulista ainesta. Puuhiilisäle näkyy pieninä mustina viivoina. Ilmahuokonen on vasemmalla lilanvärisenä ja malmimineraali mustana sen vieressä.

Suurennus 10x nikolit X+kipsilevy. Kuva vastaa noin 1,2 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



## Laasti OL- 10 Parmulaastinäyte

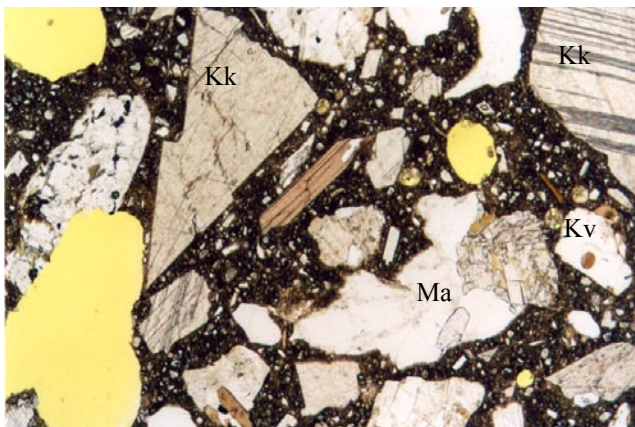
Laastin sideaine on sementtiä ja sementtiklinkkerirakeet ovat pitkälle hydratoituneet (klinkkerin reaktion veden kanssa, hydratoituminen, on hidas prosessi). Huokoisuus on sementtilaastille erinomainen. Siinä on tasaisesti, mutta suhteellisen vähän huokosia  $\varnothing 0,2 - 0,5$  mm. Näytteessä ei ole yhtään halkeamaa, siis laasti on varsin tiivis. Tämä näkyy myös laastin karbonatisoitumisvyvydessä, joka on edennyt vain 5 mm pinnasta.

Laastin runkoaine poikkeaa kokonaan linnan vanhojen laastien runkoainetyypistä. Parmulaastissa on 30 – 40 % murskattua marmoria. Muut mineraalit ovat graniitin mineraaleja, kvartssia, maasälpää, biotiittia ja muutama talkkirae (vuolukivi) ja pyrokseenia.

Runkoaineen raekoko on 0,01 – 4 mm.

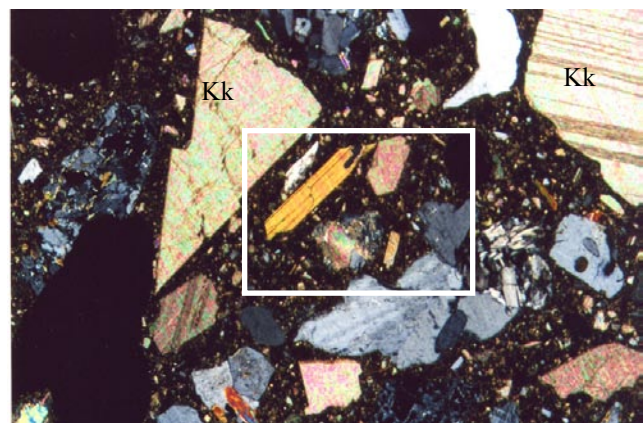
Parmulaastin koostumus on noin S 100/500.

Tämä korjauslaasti on kestävä sementtilaastia. Laastissa on paljon ilmahuokosia, mutta sementtiseideaine on hyvin tiivistä eikä laasti näin ollen ime tai läpäise vettä juuri lainkaan.



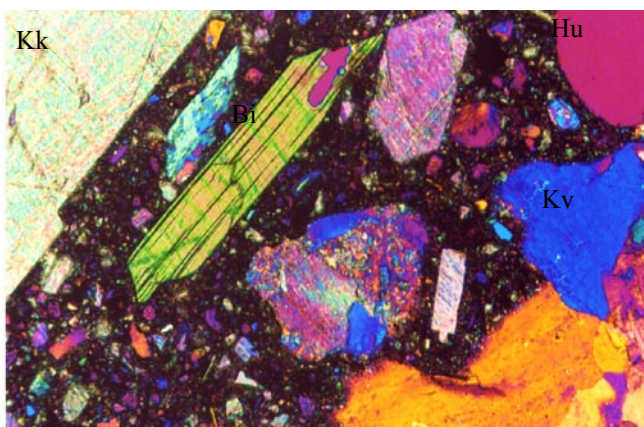
Laasti OL-10. Korjauslaasti. Laastin huokokset ovat kuvassa keltaisia. Halkeamia ei ole laisinkaan. Sideaineen sementtiklinkkerirakeet ovat hyvin pienet ja näkyy tummana runkoaineen välissä. Runkoaine on pääosiltaan murskattua marmoria, eli kiteistä kalkkikiveä (Kk). Muut mineraalit ovat graniitin mineraalit, eli kvartssia (Kv), maasälpää (Ma) ja plagioklaasia (Plg)

Suurennus 4x nikolit II. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



Laasti OL-10. Laastin huokokset ovat kuvassa mustia. Tässä erottuu murskattu marmori (Kk) hyvin muusta runkoaineesta.

Suurennus 4x nikolit X. Kuva vastaa noin 7 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.



*Laasti OL-10. Suurennus ed. kuvasta. Filleri ja klinkkerirakeet näkyvät värikkäinä täplinä. Sementti ei ole tässä karbonatisoitunut, väri tumman lila. Sideaine on hyvin tiivistä. Huokonen lilan väärinen, mineraalit biotiitti (Bi), kvartsi (Kv) ja marmori (Kk)  
Suurennus 10x nikolit X + kipsilevy. Kuva vastaa noin 1,2 mm<sup>2</sup> näytteen pinnasta.*

## Yhteenveto

Polarisaatiomikroskoopilla tutkitut Olavinlinnan vanhat laastit ovat kalkkilaasteja K100/500...600 joissa on lievästi hydraulisuutta. Näytteessä OL-9 hydraulisten aineiden määrä on suurin. Kaikkien neljän laastien mikrorakenne kuvaa suhteellisen hyvää ja kestäväää kalkkilaastia. Heikoin mikrorakenne on näytteessä OL- 6. Runkoaine on näytteissä OL- 3, OL- 6 ja OL-8 samaa, pääasiassa Saimaan alueen liuskekiiltettä. Näissä näytteissä on runsaasti hienoainesta, eli filleriä, joka on historiallisissa laasteissa harvinaista. Filleri on myös lisännyt laastien ”tiiviyttä” ja kestävyyttä. Näytteessä OL-9 on etupäässä graniittista hiekkaa. Tässä näytteessä on myös runsaasti puuhiiltä.

Laastit OL-3, OL- 6 ja OL- 8 ovat ilmeisesti samalta aikakaudelta, vaikka niissä on keskenään erojakin. Laasti OL- 9 on hydraulisuutensa ja poikkeavan runkoaineen takia valmistettu myöhemmin. Laastin suuri määrä puuhiiltä on harvinaista eikä sitä voida luokitella millekään aikakaudelle. On vaikeaa arvioida näiden laastinäytteiden ikää koostumusten ja mikrorakenteen mukaan, koska nämä poikkeavat monella tavalla muista suomalaisista historiallisista laasteista, joita olen tutkinut.

Syy, miksi kolmessa laasteissa on niin runsaasti filleriä, jää arvoitukseksi, joskin se minua ilahduttaa. Kehittämässäni restaurointilaasteissa on filleriä, parantamaan työstettävyyttä ja säänkestävyyttä<sup>4</sup>. Mutta ainakin laastien sideainekalkki ei ole valmistettu teollisesti nykytekniikan poltto- ja sammutusprosesilla, joten ne voisivat olla 1800-luvulta, ellei jo 1700-luvun loppupuolelta.

Korjauslaastin halusin analysoida, jotta saisimme tiedon sen mikrorakenteesta ja toimivuudesta muurissa.

Korjauslaasti OL-10, Parmulaasti on erittäin kestäväää sementtilaastia, mutta Olavinlinnan muurissa yhdessä vanhan kalkkilaastin kanssa sen toimivuus on varsin kyseenalainen. Se on mikrorakenteeltaan erittäin tiivis ja varmasti pakkasenkestävä, mutta tiiviiden takia ei päästä muuriin sisään tullutta vettä ulos. Sementtilaastin tiiviyys ei voi verrata kalkkilaastin tiiviyteen. Sementti muodostaa hydra-

toituessaan mm. sementtigeeliä, joka on tiivistä kuin lasia. Tällaista geeliä ei ole kalkkilaastissa, vaan karbonatisoitunut kalkki on täynnä mikrohuokosia, eikä ole koskaan vesitiivis.

Muurikatselmuksen muistion mukaan on korjauslaastin ja luonnonkivien välissä halkeamia, jotka muodostavat taskuja. Näistä sadevesi pääsee muuriin sisään. Viistosateet ja kova tuuli voi työntää suuria määriä vettä muuriin.

Muuriin jäänyt vesi vaurioittaa ja rapauttaa Parmulaastia heikompaa laastia. Analyysin mukaan on Parmulaasti hyvin tiivis. Näin voi siis heikompi ja vettäimevämpi kalkkilaasti muurin sisällä kyllästyä vedellä ja täten vaurioitua pakkasessa. Pakkasvaurioitunut laasti menettää lujuutensa ja muuttuu hiekkamaiseksi, niin kuin muurikatselmuksessakin oli todettu.

Kellotornia ei ole Selja Flinkin mukaan korjattu parmulaastilla. En ole itse nähnyt kellotornin laastit paikanpäällä, mutta näytteiden analyysien mukaan nämä vanhat kalkkilaastit ovat säilyneet hyväkuntoisina vuosisatojen aikana.

Helsingissä 11.1.2009

Tureida  
Thorborg von Konow

#### Viitteet

- <sup>1</sup> Muurikatselmuksmuistio 3.11.2008 ja palaverimuistio 5.11.2008. Johanna Nordman
- <sup>2</sup> 3000 vuosimiljoonaa. Suomen kallioperä. Luku Svekofenniset liuskealueet. Yrjö Kähkönen. Toimittajat: M. Lehtinen, P. Nurmi, T. Rämö Suomen geologinen seura. 1998
- <sup>3</sup> Subhydraulinen: lievästi hydraulinen kalkki jonka hydraulinen moduuli on 0,15 - 0,3.
- <sup>4</sup> Thorborg von Konow, Laastit vanhoissa rakenteissa. Julkaisija Suomenlinnan Hoitokunta 2006