

**Turun keskiaikaisen rakennuskivimateriaalin alkuperän selvitys
tarkastelukohteena Aboa Vetus & Ars Nova -museon kivistä rakennusten
rakennuskivet**



Jussi Kinnunen
Pro gradu -tutkielma
Turun yliopisto
Historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos
Arkeologia
Tammikuu 2018

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

TURUN YLIOPISTO

Historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos/Humanistinen tiedekunta

KINNUNEN, JUSSI: Turun keskiaikaisten rakennusten kivimateriaalin alkuperän selvitys tarkastelukohteena Aboa Vetus -museon kivrakennusten rakennuskivet.

Pro gradu -tutkielma, 64 s., 35 liitesivua kolmessa liitteessä (8+15+12)

Arkeologia

Tammikuu 2018

Tässä tutkimuksessa selvitettiin Turun keskiaikaista rakennuskivien hankintaa ja mahdollista alkuperää vertailemalla rakennuskiviä ja luonnon kalliopaljastumia keskenään. Kirjallisia lähteitä keskiaikaisesta kiviainesten otosta Turussa ei ole säilynyt. Keskiajan louhintatyötapoista ei myöskään ole jäänyt selviä jälkiä luontoon tai myöhempi toiminta on tuhonnut tai peittänyt jäljet. Vertailussa tärkeänä aputyökaluna käytettiin silmämääräisen tarkastelun tueksi kivien pXRF-alkuaineanalyysijä. Kannettavan XRF-laitteen käyttöä kivien analysoinnissa ja vertailussa testattiin hyvin tuloksin tapaustutkimuksella Kreivilän kivinavetan rakennuskivillä ja Liikkiövuoren louhoksen kivillä. Kivinavetan kivet olivat peräisin Liikkiövuoren louhoksesta.

Rakennuskiviaineisto (163 havaintoa ja pXRF-analyysiä) kerättiin Aboa Vetus & Ars Nova -museon hyvin säilyneiden keskiaikaisten kellareiden seinien alaosien suurista rakennuskivistä. Kalliopaljastumien tutkimus (89 havaintoa ja pXRF-analyysiä) suoritettiin Turun keskusta-alueen läheisyydessä sijaitsevilla kalliomäillä ja kalliopaljastumilla kesien 2015 ja 2016 aikana. Kaikista tutkituista kivistä tarkasteltiin geologisia silmin havaittavia yleispiirteitä ja ulkoasua, joiden perusteella museon kivet luokiteltiin typologisesti yhdeksään eri kivityyppiin. Kalliopaljastumahavainnoista museon rakennuskiville haettiin vastaavia kivityyppejä. Lopuksi tehtiin vielä geokemiallinen vertailu tarkastelemalla kivien analysoituja alkuainepitoisuuksia plotatuissa kaavioissa. Geokemiallisessa vertailussa kivien pääalkuaineita tärkeämmäksi nousivat hivenalkuaineiden määrät ja esiintyminen.

Suurimmalle osalle Aboa Vetus & Ars Nova -museon rakennuskivistä löytyi selvät vastineensa läheisten mäkien kallioilta. Kun kellareiden ajoitukset tiedettiin, voitiin laatia karkea yleiskuva kiviaineksen louhinnan kehittymisestä keskiajalla: 1. *Punaisen graniitin alue*, Urheilupuisto, Samppalinn, Vartiovuori ja Kerttulinmäki, lähin alue joiden kiviä käytettiin jo vanhimmissa kellareissa ja kivenotto jatkui läpi koko keskiajan ja porausjäljistä päätellen Vartiovuorella aina 1900-luvulle saakka, 2. *Kakoliittialue*, Martinmäki, Vähäheikkilä ja Vilkkilänmäki, joiden kvartsipitoista kakoliittigraniittia louhittiin myös varhain ja läpi koko keskiajan. On mahdollista että Kakolanmäellä ei ole ollut kivenottoa vielä keskiajalla tai sieltä saakka ei ole toimitettu rakennuskiveä kaupunkiin joen toiselle puolen, 3. *Kintsigiittialue*, Yliopistonmäki, TYKS ja Kuuvuori, graniitin, gneissin ja granaattipitoisen kintsigiitin päälähtöalue tuli käyttöön 1400-luvun alkupuolella, 4. *Granodioriittialue* alkaa noin puolen kilometrin päässä etelään Turun keskustasta ja on sijainnistaan huolimatta ollut käytössä ainakin jo 1390-luvulta lähtien ja 5. *Kiillegneissialue*, Puolalanmäen tummaa ja massamaista kiillegneissia alettiin louhia nähtävästi 1400-luvun lopulla tai 1500-luvun alussa ensimmäisenä kivenä Aurajoen länsipuolelta.

Paikallista kiveä on louhittu ja käytetty rakentamiseen Turussa 1300-luvun loppupuolelta lähtien. Kaikissa Aboa Vetus & Ars Nova -museon keskiaikaisiksi ajoitetuissa kellareissa käytettiin useita kivityyppejä, mikä kertoo siitä että kivet on hankittu eri puolilta Turku. Kivirakentamisen yleistyessä kivenlouhintaa varten otettiin käyttöön uusia alueita. Kellareista ei löytynyt merkkejä keskiaikaisesta kiven porauksesta, mikä puolestaan kertoisi kivien irrottamisesta tai lohkomisesta kiilaamalla. Rakennuskiviä on keskiajalla Turussa irrotettu kalliosta lekojen, kiilojen ja kankien avulla kiven luonnollisia murtumalinjoja pitkin. Ensimmäiset merkit rakennuskivien lohkomisesta kivikiiloilla ovat Turun tuomiokirkon julkisivun muutamia kivet 1400-luvun alkupuolelta. Kivien muotoilu edes karkeasti tasasivuisiksi rakennuskiviksi näyttäisi kuitenkin Suomessa alkavan varsinaisesti vasta 1500-luvulla.

Asiasanat: *ajoitusmenetelmät, kaupunkiarkeologia, keskiaika, rakennusarkeologia, Turku*

Sisällysluettelo

1. Johdanto	3
2. Rakennuskivet, kivityöstö ja rakentaminen keskiajalla	6
2.1. Rakennuskivet	6
2.2. Kivityöstö ja liikuttelu	8
2.3. Kivirakentaminen Pohjolassa keskiajalla	11
2.4. Kivityö Turussa	14
3. Kannettava alkuaineanalyysointimenetelmä – pXRF	17
4. Kivien pXRF-analyysin testaus tapaustutkimuksella	19
5. Tutkimusaineisto ja analysointimenetelmät	23
5.1. Kallioperätutkimukset ja paljastuma-analyysit	23
5.2. Rakennuskivien analysointi	25
6. Kivilajien typologia	28
7. Aboa Vetus & Ars Nova -museon keskiaikaisten rakennuskivien alkuperä	32
7.1. Kellari K92:6	33
7.2. Kellari K92:3	35
7.3. Kellari K92:5	36
7.4. Kellari K93:4	38
7.5. Kellari K93:5	39
7.6. Kellari K93:3	41
7.7. Kellari K95:21	42
7.8. Kellari K94:7	44
7.9. Kellari K94:11	45
7.10. Kellari K94:12	47
7.11. Kellari K94:9	48
7.12. Kellari K94:10	50

8. Yhteenveto _____ 52

9. Lopuksi _____ 57

Lähteet ja kirjallisuus

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit, i–viii.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit, i–xv.

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat, i–xii.

Turun Yliopistosäätiö on tukenut tätä opinnäytettä stipendillä 2017.

Kansilehden kuva: Aboa Vetus & Ars Nova -museon kellarin 92:3 oviaukko, jonka takana on kellari ja portaikko K93:5. Kuva: Markus Kivistö.

Majulle, Pessille ja Mimosalle

1. Johdanto

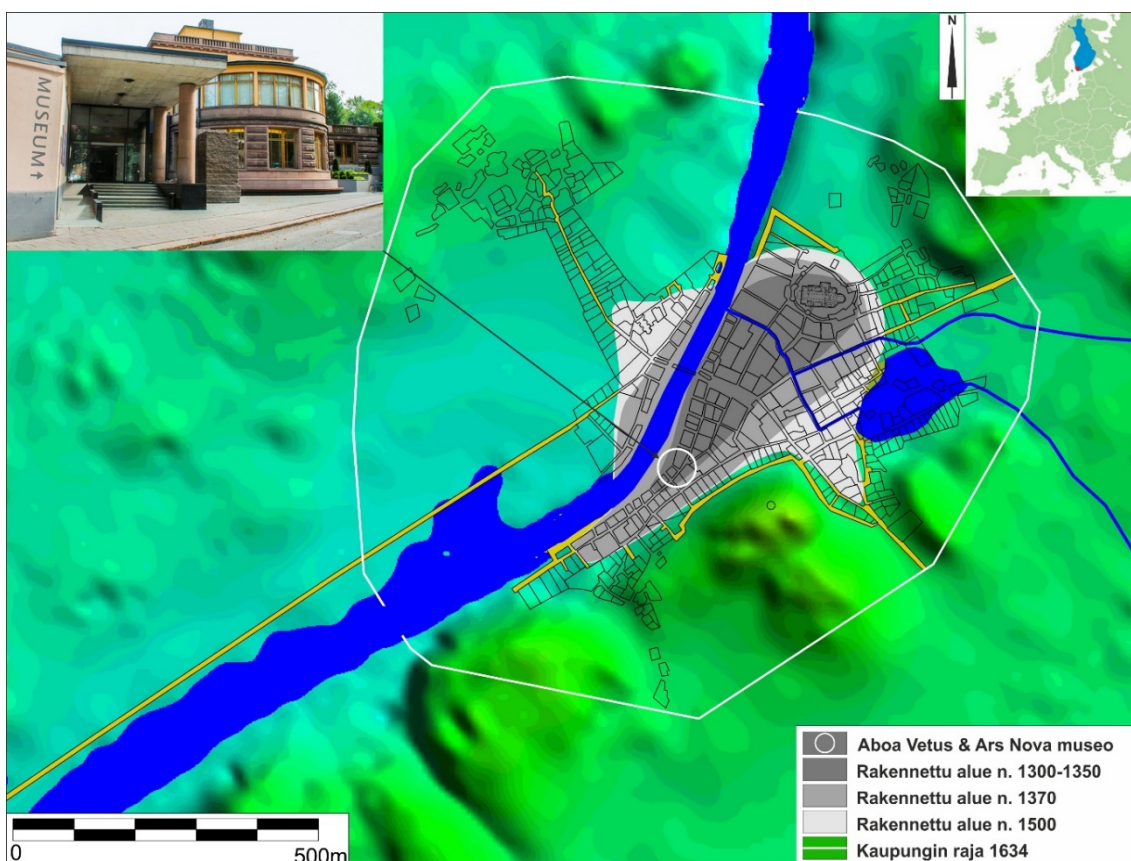
Kun Turku varhain 1300-luvun alkupuolella perustettiin, kivi ja tiili tunnettiin jo rakennusmateriaalina tällä alueella. Nykyisen tietämyksen mukaan tiiliä ja kiviä käytettiin ensimmäisen kerran 1200-luvun jälkipuoliskolla Koroisten piispankirkossa, joka sijaitsee noin 1,6 km päässä Turun tuomiokirkosta Aurajokea ylävirtaan. (Drake 1987) Turussa rakennuskiviä ja tiiltä käytettiin ensin 1300-luvun alussa hallinnollisten ja uskonnollisten rakennusten, kuten tuomiokirkon, linnan ja raatihuoneen rakentamiseen. (Drake 2003b: 129–133, 2003c: 137–138; Uotila 2003: 123–124)

Rakennusmateriaalien valintaan vaikuttivat materiaalien saatavuus ja tekniset taidot, rakennusperinteet ja vallitseva asumiskulttuuri. Turussa rakentamisen kivityön esiintyminen rakennuksissa myöhään 1300-luvulla ja 1400-luvun alkupuoliskolla liittyy läheisesti Saksan porvariston maahanmuuttoon ja Hansakaupunkien läheisiin yhteyksiin. (Seppänen 2012: 648, 943; Uotila 2003: 121–122, 2009: 44) Kattavan arkeologisen todisteaineiston, historiallisten lähteiden ja karttojen puuttuessa erilaisten rakennusmateriaalien käyttöä keskiajan Turussa voidaan arvioida vain karkeasti. Löydettyjen kaivausjäänteiden dokumentaation mukaan Turussa oli kymmeniä muurattuja rakennuksia, joita kuitenkin kaikkia ei ole ajoitettu tieteellisillä tai muilla luotettavilla menetelmillä, joten niitä ei voi varmasti todeta keskiaikaisiksi. Varhain 1700-luvulla muurattujen talojen määrä Turussa oli noin 150, mutta keskiajalla määrä oli todennäköisesti paljon pienempi. (Seppänen 2012: 670)

Turun keskiaikaisia rakennuksia on analysoitu ja niistä on keskusteltu useissa tutkimuksissa, mutta rakennusmateriaaleihin keskittyneet tutkimukset ovat olleet harvinaisempia. (Esim. Uotila 2003, 2009; Seppänen 2012; Aalto 2016) Kaikki selvitykset keskiaikaisista rakennuksista lukuun ottamatta edelleen pystyssä olevia Turun linnaa ja tuomiokirkkoa, perustuvat arkeologisissa kaivauksissa löydettyjen säilyneiden rakennusten alaosien tutkimuksiin. Tämän vuoksi tietomme rakennusten yläkerroksissa käytetyistä rakennusmateriaaleista on hyvin rajallinen, minkä vuoksi kokonaiskuvan saaminen erilaisten rakennusmateriaalien käytöstä keskiajan Turussa on mahdotonta. Arkeologisissa kaivauksissa rakenteiden ja rakennusmateriaalien dokumentointi on parantunut vuosikymmenten aikana, mutta kiviin liittyvä dokumentointi ja analysointi ovat edelleen riittämättömiä. Periaatteessa huomiota on kiinnitetty lähinnä kalkkikiveen, joka ei ole paikallista alkuperää ja on siksi helppo havaita. Muuten on analysoitu vain Rettiginrinteen 2000–2001 kaivauksissa (Saloranta & Seppänen 2002) esille tuotu yksi

kiviperustuksen rakennuskivi ja Katedralskolanin kaivauksissa 2015 yksi hiekkakivestä muokattu porraskivi (Kinnunen 2015). Rettiginrinteessä käytetyt kivet olivat Turkuu ympäröiviltä kukkuloilta peräisin olevat graniitti ja gneissi/kintsigiitti. Koska louhittavaa kiviraaka-ainetta löytyy lähistöltä ja irtokiviä voidaan kerätä lähiseudun rannoilta, oletetaan, että käytetyt kivet ovat paikallisia ja että rakennuskivet on louhittu ympäröiviltä kallioilta. (Seppänen 2012: 646)

Tämän tutkimuksen päätavoitteena on todistaa tämä hypoteesi ja jäljittää Turun keskiaikaisissa rakenteissa olevien rakennuskivien alkuperää. Valitettavasti suurin osa kaivauksilla paljastetuista rakennuksista on joko purettu tai ne on peitetty kaivausten jälkeen, joten ne eivät ole enää tutkittavissa. Turun linnaa ja tuomiokirkkoa lukuun ottamatta keskiaikaisia rakennuksia löytyy vain Aboa Vetus & Ars Nova -museosta (Kuva 1), jossa suurin osa paljastetuista rakennusjäänteistä on edelleen paikallaan museon sisätiloissa ja näyttelyssä.



Kuva 1. Aboa Vetus & Ars Nova -museon sijainti kartalla, joka esittää Turun kaupungin laajenemista perustamisajoistaan varhaismodernin ajan alkuun (Kinnunen & Seppänen, vertaisarvioinnissa). Aurajoen pintaa korotettu +2,65, mikä vastaa vedenkorkeutta vuonna 1300 (Kinnunen vertaisarvioinnissa). Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 10 m 11/2017 aineistoa.

Suurimmat kaivaukset tällä Rettigin palatsin tontilla toteutettiin 1920- ja 1990-luvuilla alueen uudisrakentamisen vuoksi. Vuonna 1995 avattu museo pitää sisällään sekä arkeologisen-historiallisen museon Aboa Vetuksen että nykytaiteen museo Ars Novan, ja suurin osa säilyneistä kellareista on historiallisen museon puolella (Sartes 2003). Kellareiden kaivaustutkimukset jatkuivat ensin Muuritutkimus Ky:n Kari Uotilan johdolla 2005–2010 (Uotila & Saari 2005; Uotila & Lempiäinen 2006; Uotila & Jokela 2007; Uotila 2008; Uotila & Jokela 2009; Uotila & Korhonen 2010) ja vuonna 2012 sekä vuosittain sen jälkeen museon oman työryhmän toimesta (Lehtonen & Aalto 2012; Lehtonen & Aalto 2013; Lehtonen & Krappala 2014; Lehtonen & Aalto 2015). Arkeologi Ilari Aalto teki pro gradu -työnsä (Aalto 2016) kellarin K94:9 kivitalosta. Kaivaukset jatkuvat edelleen tätä kirjoitettaessa (tammikuu 2018).

Tutkimuksen toinen tavoite on löytää todisteita keskiaikaisesta kivenlouhinnasta ja louhoksista Turussa. Ainoa säilynyt keskiaikainen kirjallinen lähde, joka viittaa kivien louhintaan Lounais-Suomessa, on lahjoituskirje vuodelta 1329. Tässä kirjeessä Turun tuomiokirkolle lahjoitettiin Turun läheisyydestä, Kemiöstä, ”*kalkberget Krakanes*”, joka on sijainnut Särkisalon Förbyn kalkkilouhoksen alueella. Lahjoituskirjeen mukaan kukkulalta saatiin kalkkia laastin valmistukseen (*pro fabrica montem cementi*). (FMU 369; REA 49; Seppänen 2012: 651–652; Tiilen historiaa Suomessa)

Rakennusten luonnonkiviä on aiemmin kartoitettu geologisesti hyvin vähän. Ainoa löydetty kirjallisuusviite oli Tyrvään kirkon kivilajikartoitus, jonka mukaan kirkkoon on käytetty lähitienoon irtokiviä (Pietarila 1999: 36–38).

2. Rakennuskivet, kivityöstö ja rakentaminen keskiajalla

Kiven louhinta ja työstö sekä kivrakentaminen ja näihin töihin liittyvien työkalujen tuntemus eivät ole koskaan kuuluneet, eivätkä kuulu nykyisinkään, yleiseen tietotaitoon. Varsinkin historiallisina aikoina kivityöntekijät vartioivat ammattikunnan osaamisen tietotaitoa aivan niin kuin muutkin käsityöläisveljeskunnat ja -killat ovat kautta aikojen tehneet. Kivityön salaisuudet saattoi oppia vain pitkän ja raskaan oppipoikavaiheen aikana. (Svanberg 1994: 99–100) Kivityöskentelyn periaatteet ja ymmärrys siitä, kuinka kivi päätyy louhokselta valmiiseen kivrakenteeseen, on välttämätöntä tuntea, jotta siinä apuna käytetyt työkalut voidaan tunnistaa ja työn jäljestä tehdä päätelmiä.

2.1. Rakennuskivet

Rakennuskivi (engl. *building stone*, ruots. *byggsten*) on mikä tahansa luonnonkivi, jota käytetään murskaamattomana rakentamisessa. Tässä rakennuskivi-termi sisältää myös ns. **mittakivet** ja **muotokivet** (engl. *dimension stone*, ruots. *kvader*), joiden käyttöä nykyinen suomalainen rakennuskiviala vierastaa. Nykyaikana rakennuskivi on aina leikattu ja muotoiltu ja Suomessa puhutaan vain rakennuskivistä yleisesti. **Luonnonkivi** (engl. *natural stone*, ruots. *natursten*) on luonnosta saatu kivi vastakohtana teollisille tuotteille, kuten betonille ja tiilelle. Synonyymina luonnonkivelle on arkeologisissa kaivauskertomuksissakin usein käytetty **harmaakivi**, mutta siihenkään eivät sisälly tavallisesti tuontitavarana käytetyt kalkkikivi ja hiekkakivi. Epämääräisen ja vanhahtavan harmaakivi-termin käyttö tulisi kokonaan unohtaa. (Söderholm 1995: 45)

Muualla kuin Suomessa ensimmäiset käyttöön otetut rakennuskivilajit ovat olleet pehmeitä sedimenttikiviä; kalkkikiveä ja hiekkakiveä sekä metamorfista kiteistä kalkkikiveä, marmoria (Parsons 1990: 16–32; Andersson 2002: 48–51). Suomessa näitä pehmeitä kivilajeja ei juurikaan esiinny hyödynnettävissä määrin ja meillä ylivoimaisesti käytetyin rakennuskivi onkin graniitti, jota Suomen kallioperästä on hieman yli puolet (Sederholm 1925: 4). Rakennusopin kirjoissa niiden laatijat ovat kautta aikojen esitelleet erilaisia rakennusmateriaaleja, niin myös käyttökelpoiset kivilajit. Suomessa opiskelussa ja rakentamisessa alettiin käyttää 1800-luvulla ruotsalaisia rakennusopin kirjoja, joista tärkeimmät olivat E. E. von Rothsteinin Byggnadslära 1. painos (1856) ja 2. painos 1875 sekä C. E. Löfvenskiöldin Landtmannabyggnader (1868). Ensimmäinen rakentamisen suomenkielinen oppikirja, Maatalous-Rakennuksia, ilmestyi vuonna 1891. Sen laati maatalouskouluja varten agronomi Alfred Sjöström. Kirjan ensimmäisessä painoksessa

esiteltiin ensi kerran suomeksi kahdeksan tšekäläistä rakennuskivilajia. Rakennuskivien ominaisuudet eivät ole keskiajalta muuttuneet ja tässä esitellään vanhin suomenkielinen kuvaus suomalaisista rakennuskivistä. Kirjan toinen uudistettu painos ilmestyi vuonna 1904 ja jo 15 vuodessa voidaan havaita kuinka kiven käyttö vuosisadan vaihteessa kehittyi. Seuraavat lainaukset ovat vuoden 1891 painoksesta ja 1904 painoksen päivitykset ovat suluissa.

Graniitti: "Koska graniittikivi on hyvä lämmönjohtaja ja syystä, että se lämmön vaihtuessa tulee kosteaksi, niin se meidän ilmanalassamme tuskin kelpaa asuinrakennuksiin. Jos rakentaa seinät sillä tavoin, että keskelle jää aukko, joka jätetään tyhjäksi tahi täytetään hiekalla tahi laastilla, vähenee mainittu epäkohta niin suuressa määrässä, että graniittikiveä hyvin voidaan käyttää karja- ja tallirakennuksiin maalla. (Peittämällä seinät sisäpuolelta tiilillä voi graniittia käyttää asuinrakennusten ulkoseinänä, kuten nykyään usein nähdään käytettävän etenkin pääkaupungissamme.)"

Gneissi: "Sitä käytetään yleensä rakennusaineena, koska sitä vuolujen suunnan mukaan on helppo halkaista. Ei pitäisi käyttää semmoisiin rakennuksiin, jotka aika ajoin ovat märkyden ja kosteuden alaisina."

Syeniitti: "Ei ole niin kestäväää kuin graniitti, mutta koska sitä helposti voi halkaista ja kiilata suuriin lohkeihin, käytetään sitä saman verran kuin graniittiakin."

Kalkkikivi: "Ei käytetä rakennuksiin maalla, syystä että sitä ei löydy sopivanmuotoista meidän maassamme ja se sentähden on liian kallista. Porraskivinä ja permantoina tavataan sitä kuitenkin kaupungeissa suuremmissa rakennuksissa. Marmorin on hyvin tiheää, kaunista kalkkikiveä, joka soveltuu loistorakennuksiin, (jommoisiin sitä nykyään meilläkin käytetään.)"

Liuskakivi: "Saviliuske on oivallinen kattamisaine ... ulkomailla. Meillä huonosti kehittyntä. tai kaukaisissa seuduissa ... ei ole tähän asti voinut kattamiseen käyttää. Sitä vastaan käytetään meidän maassamme sekä 'alkuliusketta' että 'kiiltoliusketta' kaikenlaisten tulisijain tekoon. Usein tavataan liuskakiveä niin suurina, helposti murrettavina levyinä, että sitä hyvin voi käyttää portaiksi ja permannoiksi pesutuvissa ja meijereissä."

Vuolukivi: "Kun se on helppoa muodostaa ja tulenkestävää, käytetään sitä liesissä, uunin suissa ja muissakin tulisijoissa. (Viime aikoina on vuolukiveä ruvettu käyttämään muutamissa kaupungeissamme arvokkaissa rakennuksissa syystä, että sitä on helppo muodostella jopa muodostaa koristeiksikin. Meijerien lattioita siitä myöskin voidaan tehdä.)"

Hiekkakivi: "Rakennuksiin soveltuvaa hiekkakiveä ei löydy meillä."

Kvartsiitti: "On hyvää rakennusaineeksi siellä, missä sitä tavataan sopivanpaksuina kerroksina."

Ukonkivi (kvartsi): "Erittäin sopivaa se on karjarakennusten ja tallien perusmuureiksi, sillä lantavesi ei siihen pysty." (Sjöström 1891, 1904)

Arkkitehti G. E. Asp kirjoitti rakennusmestareiden oppikirjaksi tarkoitetun kuusiosaisen *Huonerakenteiden-opin* vuosina 1900–1908. Ensimmäiseksi ilmestyi osa *Kivirakenteita*, jossa luku "Luonnollisesta kivistä tehdyt muurit" perustui arkkitehti J. Stenbäckin luentoisiin Helsingin teollisuuskoulussa. Rakennuskivistä kirjassa mainitaan lyhyesti:

"Rakennuskivenä käytetään Suomessa löytyvistä kivilajeista etupäässä graniittia ja gneissia, joista rakennustemme perustusmuurit ja kivijalat tavallisesti tehdään. Entisinä aikoina rakennettiin niistä seinämuuritkin esim. kirkkoihin ja linnoihin. Viime aikoina on maassamme ulkomuureja jälleen ruvettu rakentamaan luonnollisesta kivistä, mm. graniitista, vuolukivestä, marmorista ja hietakivestä. Myös vuolukiveä on käytetty runsaasti tulipesiin, johon se on erinomaista." (Asp 1903)

2.2. Kiventyöstö ja liikuttelu

Vanhin tapa irrottaa kiveä peruskalliosta tai suuremmasta lohkarista on hakata sitä toisella kivellä sopivasta reunasta. Metallin keksimisen jälkeen lyöntivoima saatettiin ohjata kiilan kärjellä kiven rakoihin ja murtumiin niiden laajentamiseksi ja kankien vipuvoiman avulla kivet irrotettiin paikaltaan. Irrotettu kalliolohkare oli muodoltaan sellainen kuin sen luontaiset murtumalinjat ohjasivat. Näin irrotettuja kiviä on voitu

käyttää sellaisenaan tai pienemmiksi lohkottuina suoraan rakentamiseen, mutta satunnaisen muotoiset lohkareet eivät ole rakentamiselle yhtä edullisia kuin esim. muotoillut neljäkäskivet tai rakennustiilet. Varsin pian opittiinkin kiviä myös halkaisemaan kiilaamalla sekä tasoittamaan sivuja ja muotoilemaan kiviä taltaamalla tai vasaroimalla kiven pintaa ristipäisellä vasaralla. Roomalaisilla oli jo kivityöstöä varten erikoistuneita työkaluja, kuten kivivasaroita, kivikiiloja ja taltoja sekä kivisahoja pehmeiden kivilajien sahaamiseen. (Gaitsch 1980; Rapp 2009: 247–251)

Kivien irrottaminen kalliosta on ollut raskasta ja yksitoikkoista työtä. Siksi sitä onkin teetetty myös pakkotyörangaistuksena. Aikaa kuluttava ja raskas kivityö on ollut myös hintavaa verrattuna vaikkapa hirsirakentamiseen. Maatalouden pientilojen kotitarvekäyttöön tapahtuvan kivirakentamisen työmäärää on arvioitu vuonna 1915 seuraavasti:

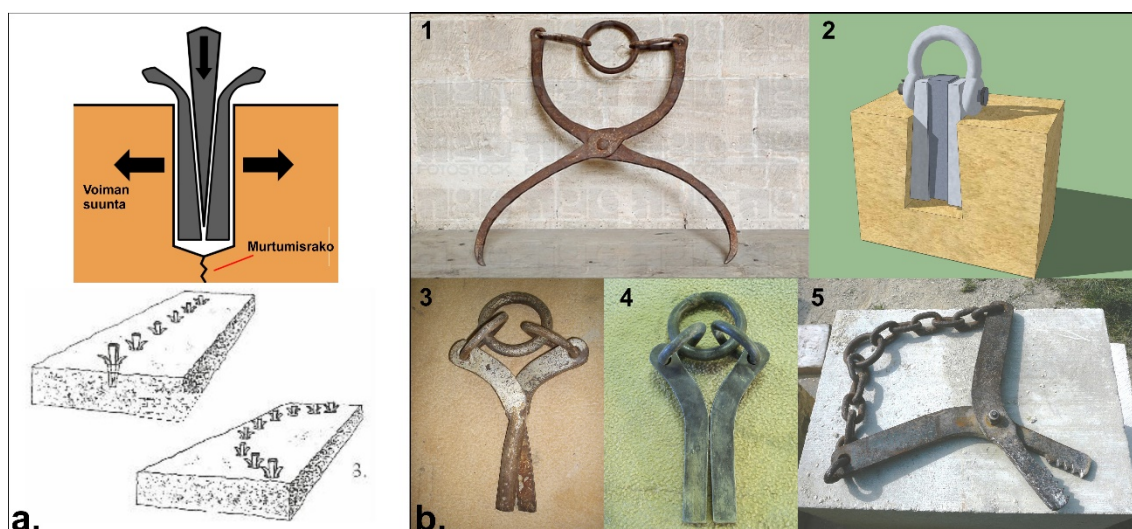
”Yksi mies kaivaa päivässä rakennuksen perushautoja 2–3 m³ kovaa maata tai 4–6 m³ pehmeää maata. Kaksi miestä louhii päivässä perustuksiin tarvittavia kiviä 3–6 m³. Jos rakennuspaikalta on poistettava kalliota, niin kaksi miestä louhii sitä päivässä 50 cm:n paksuudelta 1–3 m³. Hevonen ja mies kuljettaa 1 km:n matkan päästä 10–15 kuormaa kiviä, kun yhteen kuutiometriin kiviä menee 2–3 kuormaa. Graniittikiviseiniin, joiden paksuus on 1 m, menee kiviä 4 m²:iin. Kivien irti ottamisessa ja kiinnittämisessä menee yhtä paljon aikaa kuin kivijalkaakin tehtäessä, ehkä kuitenkin vähän runsaammin, kun kivien tulee olla paksumpia ja kivien seinälle nostaminen käy hitaammin. Kaksi miestä tekee päivässä valmiiseen kuntoon noin 1 m² kiviseinää. Kivien irtiotto ei sisälly siihen.” (Nieminen & Esti 1931: 15)

Näihin töihin käytetyistä työkaluista ei ole mainintaa, mutta ainakaan konevoimaa tai räjähteitä tuskin on laskettu mukaan. Kivityöstöön tarkoitetut käsityökalut ovat muunnelmia muissa töissä käytettävistä perustyökaluista, joita niitäkin voi käyttää kivityöhön niin kauan kuin ne kestävät (Vivian 1978: 16–21). Erotuksena perustyökaluihin onkin, että ammattikivityökaluihin käytettävä metalli on kestäväntä laatua ja muotoilu kivityöstöön hyvin soveltuva (Purchase 1904: 1–10; Warland 1929: 1–9; Liden 1974: 17–24; Hill & David 1995: 119–142). Todennäköisesti keskiaikaiset kivenlouhijat yhtä hyvin kuin myöhemmätkin kotitarvelouhijat Suomessa tulivat toimeen mainiosti kiilojen, lekojen, hakkujen ja kankien avulla.

Varsinaisilla rakennuskivilouhoksilla raakakivilohkareiden, kamien (*come*), irrottaminen kalliosta on antiikin ajoista lähtien tapahtunut kiilaamalla (Kuva 2a). Esimerkiksi Englannista on löydetty roomalaisten käyttämistä louhoksista kiilanreikiä ja edelleen kalliosta kiinni olevia kiiloja lehtineen (Blagg 1990: 33–50). Kiilaaminen tapahtuu poraamalla halkaisulinjalle kiilan koosta riippuen halkaisijaltaan n. 1–3 cm ja syvyydeltään 5–20 cm pitkiä reikiä n. 20–50 cm välein. Näihin vierekkäisiin reikiin asetetaan kiilan lehdet ja lehtien väliin kiilat. Sen jälkeen kiiloja aletaan vuoron perään tasaisesti naputtelemaan vasaralla niin kauan, että kivi halkeaa (Hill & David 1995: 22–25). Tarkassa halkaisussa reiän pituutta voidaan varsinkin nykyisin konevoiman aikaan kasvattaa jopa useisiin metreihin, mutta poraamisen hitauden vuoksi reiät ovat usein juuri niin pitkiä, että kiila ja lehdet mahtuvat reikään sisään. Turussa esim. Vartiovuorella kallionreunoissa näkyvä yleinen kiilareikäsyvyys on noin 10 cm tai alle sen. Ennen paineilmaporien käyttöönottoa 1844, reiän poraaminen, tai oikeammin hakkaaminen, kallioon on tapahtunut niin, että toinen poraajista lyö lekalla poratangon kantaan, samalla kun toinen joka iskun jälkeen kiertää poratankoa jonkin verran ja lyöjä lyö uudestaan. Poratankoa nostetaan välillä ylös porajauhon irrottamiseksi reiästä. Porauksen kestäessä voidaan juoksuttaa jäähdytysvettä poranreikään, mutta sekään ei ole lyhyissä rei'issä käsin työskenneltäessä pakollinen toimenpide. Tällä lailla työskennellen kaksi henkilöä voi edullisissa oloissa porata 4–5 porareikämetriä päivässä, kivilajin kovuudesta riippuen (Hall 1936: 99).

Irrotettujen, sopivankokoisiksi lohkottujen ja mahdollisesti muotoiltujen kivien kuljetus rakennuspaikalle on muodostanut kokonaiskustannuksista suurimman osan. Esimerkiksi Englannissa Caernarvonin linnan tileistä nähdään että n. 75 % rakennuspaikalle tuodun kiven hinnasta on kuljetuskustannuksia. Kustannusten karsimiseksi kivet on pyritty louhimaan mahdollisimman läheltä tai on pyritty käyttämään vesitse tapahtuvia kuljetuskeinoja (Hislop 2014: 31). Rakennuskivi on kaiken kaikkiaan ollut arvokas prestiisimateriaali Englannissakin, jossa vielä pitkälle 1600-luvulle yksityistalot rakennettiin muista materiaaleista kuin kivistä (Morriss 2000: 25). Kalliiden rakennuskivien uudelleenkäyttö oli myös enemmänkin sääntö kuin poikkeus (Parsons 1990: 5–8).

Kivilohkareita on säilyneiden kuvälähteiden perusteella nostettu paikoilleen muurille jo keskiajalla useilla eri menetelmillä. Kivi täytyy saada oikeaan paikkaansa seinään niin että kiven pohja ja laastireuna ovat vapaana. Siksi nosto on tehty joko kiven sivuilta tukkisaksiperiaatteella toimivilla saksii- tai ketjunostimilla tai kiven päältä kiilareikänostimilla (Kuva 2b).



Kuva 2. a. Kiila ja lehdet, murtovoiman jakautuminen ja murtumisraon synty sekä kiven lohkominen kiilasarjan avulla. b. Jo keskiajalla Euroopassa käytettyjä kivennostotyökaluja: 1. Tukkisaksiperiaatteella toimiva leukanostin, 2. Kiilareikänostin (engl. *three-legged lewis*, *dovetailed lewis*, *St Peter's keys* tai *Wilson bolt*), 3. halkaistuvartinen kiilareikänostin (engl. *split-pin lewis*), 4. kaksivartinen kiilareikänostin (engl. *two-pinned lewis*) ja 5. hampaallinen reikänostinsaksi.

Saksinostimen päitä varten kiven sivuun tehtiin usein pienet kolot, jotta saksi pitäisi paremmin. Kiilareikänostin, ”lewis”, asetetaan lohkareen yläpinnalle massakeskipisteeseen tehtyyn reikään tai reikiin, riippuen laitteen rakenteesta. Rakennuskivet nostettiin paikoilleen taljoilla, nostokurjella tai suurella nostopyörällä, jossa useampi ihminen voi kävellä sisällä. (Liden 1974: 51; Svanberg 1994: 60, 2013: 135; Binding 2001; Hislop 2014: 31–32)

2.3. Kivirakentaminen Pohjolassa keskiajalla

Varhaisimmat arkeologiset todisteet kalkkilaastin käytöstä ovat Levantista Natufin kulttuurista 10 300–8 500 eaa. (Kingery et al. 1988) Muurauslaastin perusainesosana kalkkia on käytetty kolmannelta vuosituhannelta eaa. lähtien. (Dix 1982) Kalkin tuottamiseen voidaan käyttää niin kalsiittista (CaCO_3) kuin dolomiittista ($\text{Ca,Mg}(\text{CO}_3)_2$) kalkkikiveä. Lisäksi kalkkia on harvemmin tuotettu marmorista, simpukankuorista, koralleista ja luista. (Mazzullo & Teal 1994)

Tanskan, ja samalla Pohjolan, vanhin säilynyt kivirakennus on Roskilden Pyhän Clementin kirkko (nyk. Skt. Jørgensbjerg Kirke), joka on rakennettu laastimuuratuista ja muotoilluista travertiinikivistä 1028–1035 (Moltke et al. 1944: 100–101). Vanhimmat merkit kalkinpoltosta Skandinaviassa ovat kuitenkin jo vuosilta 730–980 Tanskan Tissø-järven rannalta (Henriksen & Holst 2015: 4). Ruotsin vanhin

kivirakennus on Lundin itäpuolella sijaitseva Dalbyn pyhän ristin kirkko, jota alettiin rakentaa 1060 (Svanberg 2013: 11; Borgehammar 2017). Norjassa Trondheimissa aloitettiin Nidarosin tuomiokirkon vanhimman vaiheen rakentaminen paikalla sijainneen puukirkon tilalle 1070 ja rakennus valmistui 1090 (Ekroll et al. 2000: 214). Suomen vanhin kivirakennus on Ahvenenmaan Jomalan kivikirkko, jota rakennettiin 1275–1285 (Hiekkänen 2007: 24). Manner-Suomessa Turun linnan perustamisvuodeksi ilmoitetaan tavallisesti 1280 (Drake 2000: 8–9) ja Hämeen linnan varhaisimmat osat ovat 1260-luvulta. (Drake 2003a: 12)

Tiilten poltto oli vaipunut unohduksiin Rooman valtakunnan myötä ja keksittiin uudelleen Lombardiassa 900-luvulla. Ensimmäisen Pohjolan tiilikirkon rakentaminen aloitettiin Tanskassa Ringstedissä 1161 (Svanberg 2013: 12–13). Ruotsiin tiilirakentaminen saapui 1100-luvun lopulla ja ensimmäiset Suomen tunnetut tiilirakenteet ovat Koroisten piispankirkon paikalta 1200-luvun alusta. (Tiilen historiaa Suomessa)

Varhaisimpaan kivirakentamiseen käytettiin suoraan kalliosta irrotettuja kiviä, joita ei juurikaan muotoiltu. Pohjolassa rakennuskivien muotoilu alkoi 1100-luvun alkupuolella Lundin tuomiokirkkoa rakennettaessa, josta se levisi nopeasti Länsi-Götanmaalle. Varsinkin sisterssiläisjärjestö kehitti rakennuskivien muotoilua tarkemmaksi. Ruotsissa käytettävissä oli suhteellisen pehmeitä sedimenttikivilajeja, hiekkakiveä ja kalkkikiveä, joista valtaosa (993 kpl/1045 kpl) varhaiskeskiaikaisista (v. 1000–1300) ruotsalaisista rakennuksista tehtiin. Suomessa kovia kiteisiä kivilajeja alettiin, tai kyettiin, kunnolla muotoilemaan aikaisintaan uuden ajan alussa. (Jönsson et al. 1996: 27; Andersson & Hildebrand 2002: 39)

Suomessa kiven käyttö rakentamisessa alkoi esihistoriallisena aikana tulisijojen kivivuorauksella. Rakennelmat monimutkaistuivat ladotuiksi ja lopulta muuratuiksi luonnonkivitulisijoiksi, kiuasuuneiksi ja takoiksi. Suomen ensimmäisinä varsinaisina rakentamiseen liittyvinä kivirakenteina voidaan pitää muinaislinnojen kylmämuurattuja (=ilman laastia rakennettuja) kivivalleja. (Appelgren 1891; Kolehmainen & Laine 1981: 8–41)

Laastimuuratut kivi- ja tiilirakenteet tulivat maahamme kristinuskon saapumisen aikoihin Ruotsista, jossa laastimuuraus otettiin käyttöön 1000-luvun puolenvälin paikkeilla. Moniin myöhäisiin suomalaisiin muinaislinnoihin rakennettiin muurattuja valleja ja rakenteita luonnonkivestä ja tiilistä. Karjaan Junkarsborg on rakennettu aikaisintaan 1100- ja 1200-lukujen vaihteessa. Liedon Vanhalinnasta on löydetty muurattuja rakenteita jotka ajoittuvat 1200-luvun alkuvuosikymmenille.

Hämeessä Janakkalan Hakoisten muinaislinnassa on luonnonkivinen kehämuuri n. 1240-luvulta. Koroisten kirkon kuori on vuoden 1270 tienoilta. Porvoon Iso Linnanmäki rakennettiin 1300-luvun loppupuolella. Sipoon Sibbesborg on ollut käytössä 1300-luvun toisella puoliskolla. Vanhin kirjallinen maininta Maskun Stenbergasta on vuodelta 1389. (Taavitsainen 1990, KYPPPI)

Kivirakentaminen vilkastui 1290-luvulla. On esitetty, että Visbyn kaupunginmuurin valmistuminen 1288 vapautti muurareita ja kivimiehiä uusiin töihin, joita olisi löytynyt mm. Suomesta. Ilmeisesti tällöin aloitettiin Turun linnan vanha, etupäässä luonnonkivinen vaihe, samoin Kastelholman linna. Turun linnaa laajennettiin 1300-luvun alussa. 1400-luvun linnoitustöistä olivat merkittävimmät Viipurin ja Raaseporin linnojen laajennusvaiheet 1440-luvulla, Suomen ainoa kaupunginmuuri on Viipurissa 1470-luvulta, ja Olavinlinna alettiin rakentaa 1475. Myös Turun linnaa laajennettiin edelleen 1400-luvun lopulla. Kivisiä asuinrakennuksia tehtiin keskiajan lopulla muutamiin aateliskartanoihin, mm. Kuitia, Sundholm, Vuorentaka, Tjusterby, Grabbacka sekä Turun ja Viipurin kaupunkeihin, yksityisasunnoiksi ja luostareiden yhteyteen. (Kaila 1995: 9–10; Tiilen historiaa Suomessa, KYPPPI)

Euroopassa rakennettiin niin, että rakennusten runko oli tavallisesti tiiltä ja koristeelliset yksityiskohdat rakennettiin pehmeästä veistetystä kivistä, pääasiassa kalkki- tai hiekkakivistä. Suomessa tiili oli harvinaista tai ainakin kallista rakennusmateriaalia ja luonnonkivet liian kovia koristeveistoon. Täällä kehitettiin nurinpäin käännetty muurityyppi, jossa runko tai ainakin seinän perustus rakennettiin luonnonkivistä ja läpiviennit sekä koristellut yksityiskohdat (esim. kirkkojen päädyt) tiilestä. Muuratun rakennuksen seinät tehtiin ns. valu- eli kuorimuurina, jossa seinän ulko- ja sisäpinnoille valittiin kiviä, joissa on mahdollisimman suuri tasainen pinta ja raot täytettiin kiilakivillä. Valumuurin välit täytettiin kivillä, tiilen- ja kivenpaloilla, rakennusjätteellä ja laastilla. Muurin sisään saattoi jäädä suuriakin tyhjiä onkaloita. Valumuuria käytettiin erityisesti linnojen ja kirkkojen rakentamisessa keskiajalta 1800-luvulle saakka. (Kaila 1995: 9–10; Tiilen historiaa Suomessa)

Suomen kallioperässä olevat kalkkikiviesiintymät jakautuvat karkeasti lounaissuomalaiseen kalsiittikiveen ja itäsuomalaiseen dolomiittikiveen. Muuraukseen tarvittava kalkki jouduttiin paikasta riippuen kuljettamaan kaukaakin, koska kalkkikiveä ei esiinny kaikkialla Suomessa. Turkuun kalkkia saatiin melko läheltä, ainakin Särkisalon Förbystä, kuten 1329 lahjoitus Turun tuomiokirkolle osoittaa. Paraisten kalkkikiven käyttö on todennäköisesti myös alkanut keskiajalla. Luultavasti ainakin 1400-luvun puolivälissä Paraisten kivikirkon ja 1400-luvun lopulla Kuitian kartanon rakentamisessa

käytettiin työmaiden läheisyydestä hankittua kalkkia. (Ratilainen 2013: 6) Kalkkikiveä kerättiin myös irtolohkareina, varsinkin Ahvenanmaalla. (Tiilen historiaa Suomessa)

Molemmista Suomen kalkkivilaaduista puuttuvat ns. hydrauliset ominaisuudet (laastin kyky kovettua kosteissa olosuhteissa), jotka syntyvät kalkkikivessä epäpuhtauksina esiintyvien silikaattimineraalien vaikutuksesta. Historiallisissa laasteissa hydraulisuutta on parannettu keinotekoisesti lisäämällä kalkkiin polton yhteydessä tuhkaa, kalsinoitua (kuumentamalla kuivattua ja jauhettua) savea, masuunikuonaa yms. lisäaineita. Kalkki saatettiin tuoda rakennuspaikalle poltettuna eli sammuttamattomana, koska se on huomattavasti sammutettua kevyempää. Poltettu eli sammuttamaton ja hydrauliseksi käsitelty kalkki sammutettiin (kasteltiin vedellä tahnaksi) vasta rakennuspaikalla ns. kalkkihaudoissa. Olavinlinnan tiilimuurien perusteella näyttäisi siltä, että kalkkia ei varastoitu pitkään kalkkihaudoissa vaan se käytettiin muuraukseen pian hankkimisen jälkeen. Lyhyen sammutusajan vuoksi hydrauliset tekijät säilyttivät tehonsa laastissa. (Davey 1961: 97–111; Kaila 1995: 9–10; Konow 2009; Tiilen historiaa Suomessa)

Analyysien mukaan Suomen keskiaikainen muurilaasti on koostumukseltaan suunnilleen K(alkki)S(ementti) 80/20/200, siis hyvin lihavaa kalkkisementtilaastia. Sementillä tarkoitetaan tässä yhteydessä hydraulisia sivuaineita, joita siis oli jo sammuttamattomassa kalkissa polton jälkeen. Vanhojen laastien koostumus vaihtelee kuitenkin suuresti käyttötarkoituksen mukaan (vrt. Cramb 2006: 155–157). (Kaila 1995: 9)

Jälkityönä kivimuuri pyrittiin tavallisesti naamioimaan tiilimuuraukseksi kalkitseamalla esim. kirkot valkoisiksi. Kiveä ei arvostettu ja ihailtu ”aitona” materiaalina, vaan ajatus keskiajan suosimista ”puhtaista luonnonmateriaaleista” syntyi vasta romanttisella 1800-luvulla. Kalkki oli silloin vuosisatojen aikana kulunut pois harmaakivikirkkojen ulkoseinistä. (Kaila 1995: 9–10)

2.4. Kivityö Turussa

Vanhimmat tiedot louhintatoiminnasta Turussa ovat 1800-luvun puolivälistä ja viittaavat Kakolanmäkeen, jonka karkearakeista ja vaaleanharmaata graniittia louhittiin vankilan rakentamiseen. Lähtöpaikkansa mukaan Kakolanmäen graniittia kutsutaan myös kakoliitiksi, mikä on ollut kaikkein yleisimmin käytetty kivilaji Turussa 1800- ja 1900-luvulla. Kakolan lisäksi Turun pohjoispuolella on ollut ainakin kolme rakennuskivilouhosta 1900-luvulla: Röntämäessä on louhittu punaista graniittia,

Urusvuorella montsodioriittia lähellä Turun lentokenttää sekä Runosmäessä ja Kärsämäen kappelin itäpuolella graniittia. (Härme 1960: 56, 58; Lindberg et al. 1994; Karhunen 2004: 50) Näitä muutamaa louhosta lukuun ottamatta tutkimuskirjallisuus, geologiset kallioperäkartat, maaperäkartat ja historialliset kartat eivät paljasta muita kivenlouhintaan liittyviä todisteita Turun alueella.

Historiallisissa lähteissä ei kerrota Turun kaupungin keskiaikaisista kivenhakkaajista, mutta Turun linnan 1300-luvun laajennusvaiheesta ovat tiedossa ensimmäiset nimeltä tunnetut muurarimestarit Suomessa, vuosina 1324–1326 Turussa toimineet Orm ja Nicolaus, jotka kuuluivat Matias Kettilmundinpojan hoviin. (Gardberg 1971: 233, 301). On mahdollista, että kivenhakkaajat luettiin ammattina kirvesmiehiin, ennen kuin kivenhakkaajien ammattikunnan kiltasäännöt Ruotsin valtakunnassa annettiin vuonna 1601. Vuoteen 1571 mennessä Turussa oli ollut vähintään 13 mestarikiviseppää, kun viisi heistä oli edelleen aktiivisia. (Orviste 1989: 288; Seppänen 2012: 646) Ensimmäiset merkit rakennuskivien lohkomisesta kivikiiloilla ovat Turun tuomiokirkon julkisivun muutamat kivet 1400-luvun alkupuolelta. (Drake 2011) Kaivauksissa ei ole löytynyt todisteita, jotka viittaisivat rakennuskivien lohkomiseen ja työstöön rakennuspaikoilla. Tämä viittaa siihen, että kivet työstettiin louhintapaikan läheisyydessä ennen kuljetusta. Lisäksi näyttää siltä, että kiviä ei ainakaan varhain kivityön käyttöönoton jälkeen muotoiltu, kun ne oli irrotettu kalliosta. Kivien työstö tasavivuisiksi tai muotoilluiksi rakennuskiviksi näyttäisikin Suomessa alkavan varsinaisesti vasta 1500-luvulla.

Kiventyöstöstä syntyy suuria määriä kivijätettä, minkä puuttuminen voi viitata siihen, että kaikki louhinnasta syntynyt materiaali käytettiin hyväksi, esimerkiksi kuorimuurien täyteaineena. Tästä herää myös kysymys louhinnan kokonaismäärästä, kuinka paljon rakennuskiveä on louhittu? Keskiaikaisisten rakennuksien rakennuskivien määrä on vaikeasti laskettavissa, mutta Aboa Vetus & Ars Nova -museon alueella sijaitsevien rakennusjäännösten perusteella kiviä käytettiin pääasiassa rakennusten alaosissa, kellareiden lattioissa ja seinissä, kun taas yläosat oli tehty mahdollisesti myös puusta. Lisäksi kiviä käytettiin kaivojen, tulisijojen ja katujen, pihojen ja lattioiden kaivoissa, tulipesissä ja päällysteissä, mutta suurin osa näistä kivistä oli todennäköisesti irtokiviä, joita kerättiin kaupungin ympäristöstä. (Seppänen 2012)

Keskiajalla tavanomaisten ja tuhoisien tulipalojen takia kivistä ja tiilestä tuli suosittuja monissa kaupungeissa, ja niiden käyttöön rohkaistiin säädöksissä ja suosituksissa. Esimerkiksi 1400-luvun alkupuolen Räävelissä (Reval), nykyisessä Tallinnassa, rakennusmateriaaleista sallittiin vain tiili ja kivi. Tulipalojen ehkäisy ei ollut

ainoa syy kiven ja tiilen käytön edistämiseen. Määräyksillä pyrittiin myös parantamaan kaupunkien puhtaanapitoa ja ulkonäköä. Säännökset eivät luultavasti olleet yhtä tiukkoja keskiaikaisessa Ruotsissa, vaikka kiven ja tiilen käyttöä suositeltiin ja toisaalta myös puutavaran käyttöä rajoitettiin. (Johansen & von zur Mühlen 1973: 229; Seppänen 2012: 673–675)

Turun kivrakentamisen kasvu näyttäisi liittyvän myös rakentamiseen käytettävän puutavaran laadun heikkenemiseen. Muurattujen rakennusten syntyminen liittyi väestönkasvuun, mikä näkyy kaupungin alueen laajentumisessa ja rakennuskannan kasvussa. Samalla voimme havaita merkkejä Turun kaupungin väestön sosiaalisesta ja ammatillisesta eriytymisestä. (Seppänen 2012: 674) Rakennusmateriaalien tutkimus ei tarjoa vain perusymmärtämystä materiaalien hankinnasta ja käytöstä, vaan myös uusia näkemyksiä mahdollisesta ammatillisesta erikoistumisesta, yhteiskunnan organisoitumisesta sekä ympäristön muutoksesta kaupungissa.

3. Kannettava alkuaineanalyysointilaitteisto - pXRF

Kivimateriaalin analysointiin käytettiin tässä tutkimuksessa pXRF-laitetta. Kannettava röntgenfluoresenssianalysointilaitteisto, p(ortable) XRF, on tutkijan mukana kulkeva alkuaineanalyysointilaitteisto, jolla voidaan analysoida kvalitatiivisesti n. 30 erilaista natriumia raskaampaa alkuainetta kohtuullisella kvantitatiivisella tarkkuudella kiinteästä aineesta tai nestemäisestä näytteestä. Koska laite ei analysoi hiiltä ja vetyä, esim. puhtaasta polyeteenistä valmistetut astiat tai pussit soveltuvat nesteiden tai pulverien analysointiin niin, että analyysi tehdään säilytysastian läpi.

Wilhelm Röntgen löysi röntgensäteilyn vuonna 1895. Röntgenfluoresenssitekniikkaa on sittemmin kehitetty vuodesta 1913 lähtien ja ensimmäiset röntgenfluoresenssilaitteet ovat olleet kaupallisesti saatavilla vuodesta 1950 lähtien. Aluksi suurten ja kalliiden XRF-laitteiden koon pienentyessä ja hintojen laskiessa ne kuuluvat nykyisin pientenkin laboratorioiden analyysilaitteistovalikoimaan. Kuitenkin vasta viimeisten parinkymmenen vuoden aikana on kehitetty kenttäkelpoisia ja kannettavia röntgenfluoresenssianalysointilaitteistoja. Ja aivan vasta viime vuosina niiden havaitsemien alkuaineiden määrä ja analyysitarkkuus on noussut tällaisen tutkimuksen vaatimalle tasolle. Vaikka fysiikka rajoittaa laitteiden kapasiteettia, tulevaisuudessa niiden voidaan silti odottaa paranevan vielä nykyisestäänkin.

XRF-analysointilaitteistojen toiminta perustuu laitteen lähettämään röntgensäteilyyn, joka vaikuttaa tutkittavan kappaleen alkuaineatomien sisäelektronikuoreen. Säteilytyksessä jokaisesta alkuaineesta muodostuu sille ominainen heijastus-, fluoresenssi- eli dispersiosäteily, jonka laitteen detektori tunnistaa ja minkä perusteella analysointi tapahtuu. Menetelmä ei millään tavoin vahingoita tutkittavaa kohdetta. (Laine-Ylijoki et al. 2003)

Menetelmän rajoitukset liittyvät lähinnä kannettavan laitteen tehoon ja sitä kautta analyysisyvyyteen, säteilyn väliaineisiin ja näytteen edustavuuteen. Käyttämämme akkukäyttöisen pXRF-laitteen säteilyteho on 4 W, kun kiinteiden laboratoriolaitteiden teho voi olla satoja watteja. Tehokkaammalla säteilyllä jokaiselle alkuaineelle ominainen dispersiosäteily saadaan herätetyksi paremmin, jolloin mittauksen kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tarkkuus kasvaa. pXRF-laitteet ovat vertailututkimuksissa yllättävän tarkkoja raskaammilla alkuaineilla (metalleilla), kun taas kevyillä syntyy helposti prosenttiluokan virheitä. Jokaisen XRF-laitteen käyttäjän tulee tehdä itse mittauksia

tunnettujen ja analysoitujen vertailunäytteiden kanssa, jotta kehittyisi tuntuma siitä, minkälaisien virherajojen puitteissa laite antaa tuloksia.

Toinen ongelma on dispersiosäteilyn detektorin ja tutkittavan kappaleen välinen ilma, jossa typpi- ja happiatomit häiritsevät matalaenergisien heijastussäteilyn havaitsemista ja tekevät mahdottomaksi kevyiden alkuaineiden havaitsemisen ja analysoinnin. Tämä tarkoittaa myös sitä, että geokemiallisesti tärkeiden natriumin ja magnesiumin mittaaminen ilmapölytilan vuoksi on hyvin hankalaa ja useilla laitteilla mahdotonta. Optimitilanne olisi luoda mittaussäteiltilaan tyhjiö, kuten useimmissa kiinteissä XRF-laitteissa tehdään, mutta se taas on kenttäolosuhteissa vaikeaa. Toinen keino parantaa mittaamista huomattavasti on heliumin pumppaaminen mittaussäteiltilaan. Toiseksi keveimpänä alkuaineena helium ei häiritse itseään raskaampien alkuaineiden mittausta. Heliumpumppujen asentaminen kannetaviin XRF-laitteisiin onkin eräs seuraavista laitekehitysasteista. Kolmas suuri ongelma on näytteiden edustavuus, mistä keskustellaan lisää tutkimuksen loppupuolella. (Sarala et al. 2015, Tenovuo 2015)

Fysikaalisista rajoituksista johtuen ei ole olemassa yhtä universaalia XRF-laitetta, jolla voisi tutkia kaikki alkuaineet. XRF-laittekokonaisuuden kriittiset rakenneosat ja toiminnot ovat röntgenputki, mittaushjelmisto ja laitekalibrointi. Röntgenputkien katodimateriaalin valinta vaikuttaa siihen, mitä alkuaineita sillä voidaan mitata. Eri mittaushjelmiin on optimoitu yleensä n. 20–30 alkuainetta, jotka valitulla ohjelmalla voidaan tutkia samalla mittauksella. Laitteessa on oletuksena tehdaskalibrointi, ja sitä tarkistetaan tunnettua, laitetoimituksessa mukana tulevaa teräskappaletta käyttäen aika ajoin. Laitteen voi myös kalibroida itse tunnetuilla näytteillä.

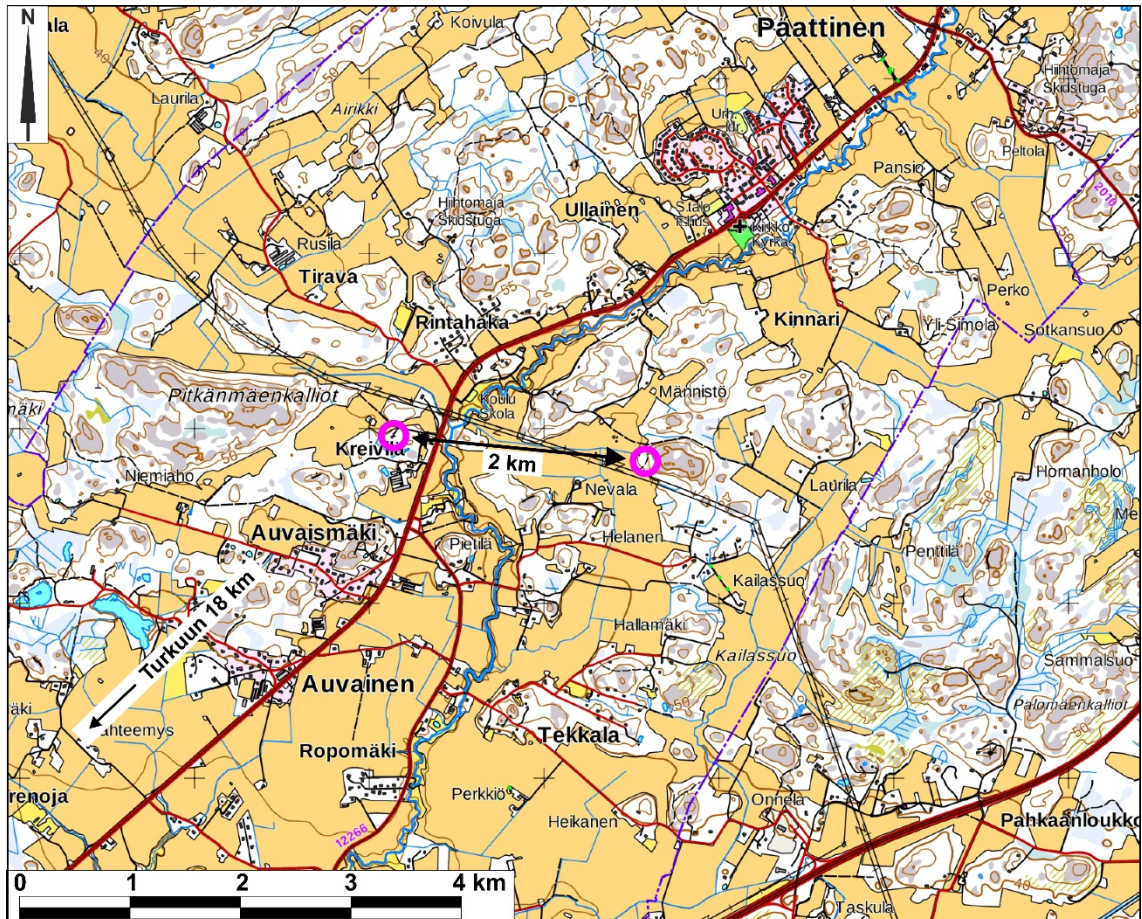
XRF käyttää röntgensäteilyä, ja laite sekä sen käyttäjät ovat Säteilysuojelukeskuksen (STUK) valvonnassa. STUK suorittaa laitteelle vuositarkastuksen ja pitää listaa käyttäjistä. pXRF-laitteella tulee olla nimetty valvoja ja lukollinen säilytyspaikka. Riskien minimoimiseksi laitteen turvallisuusohjeet tulee lukea ja ymmärtää hyvin ennen laitteen käyttöä.

4. Kivien pXRF-analyysin testaus tapaustutkimuksella

Vanhoja louhoksia jäljitettäessä tietoon tuli Kreivilässä n. 18 km Turusta pohjoiseen sijaitseva, vuonna 1909 rakennettu kavinavetta, jonka omistajan mukaan rakennuskivet louhittiin n. 1,5 km päässä Liikkiövuorella sijainneesta louhoksesta (Kuva 3). Käytettävissä olevaa pXRF-laitetta ja menetelmää testattiin analysoimalla kiviä sekä navetasta että louhoksesta ja vertailemalla analyysituloksia. Jälkeenpäin tietoon tuli vielä, että Paattisten kirkkomaan aita on myös samaa Liikkiövuoren kiveä, mutta siitä ei ole analyysejä vertailuaineistoksi.

Geokemialliset analyysit näytteistä tehtiin Turun yliopiston Maantieteen ja geologian laitoksen omistamalla kannettavalla Olympus Delta DP-6500 -röntgenfluoresenssispektrometrillä eli pXRF-laitteella. Laitteessa on 4W röntgenputki, jossa on tantaali/kulta-anodi ja SDD (Silicon Drift Detector) -fotodiodi detektorina. Analysoitava ympyränmuotoinen pinta-ala on n. 10 mm halkaisijaltaan, ja säteilyn tunkeutuminen näytteeseen riippuu mitatusta materiaalista ja alkuaineesta itsestään. Kivellä, keramiikalla ja tiilellä säteilyn tunkeutuvuus on sadoista mikrometreistä muutamaan millimetriin. Kunkin analyysin aikana Mining Plus -analyysisovelluksen kanssa käytetään kahta erilaista säteilytystä (beam) eri alkuaineiden erottamiseksi. (Innov-X 2005, Olympus 2011, 2016). Tässä tutkimuksessa käytetty pXRF-laite pystyy havaitsemaan Mining plus -ohjelmalla seuraavia alkuaineita: vanadiini, kromi, rauta, koboltti, nikkeli, kupari, sinkki, hafnium, tantaali, volframi, arseeni, lyijy, vismutti, zirkoni, molybdeeni, hopea, kadmium, tina, antimoni, titaani, mangaani, alumiini, pii, fosfori, rikki, kloori, kalium ja kalsium. Laite kykenisi analysoimaan myös magnesiumia, jos röntgenputken katodimateriaali olisi tantaalin ja kullan sijasta rodium. Lisäksi tantaali / kulta-anodi vaikuttaa alumiinin ja piin analyyseihin ja siksi niiden mittaustulokset voivat olla epäluotettavia (Olympus 2011).

Analyysiaika (eli säteilytysaika) on yksi tärkeä kriteeri pXRF-analyysissä. Metallisten alkuaineiden analyysiaika voi olla niinkin alhainen kuin 10–15 sekuntia ja toisaalta kaksikin minuuttia haettaessa kevyitä alkuaineita. Säteilytysaikaa tarpeettomasti kasvattamalla ei mittaustuloksiin pysty kuitenkaan merkittävästi enää vaikuttamaan. (Olympus 2012; Tenovuo 2015) Tässä tutkimuksessa käytettiin 60 sekunnin säteilytysaikaa kummallekin röntgenputkelle eli kokonaismittausaika oli kaksi minuuttia.



Kuva 3. Kreivilän kiviä (läntinen ympyrä) ja Liikkövuoren (itäinen ympyrä) sijainti. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Maastokarttarasteri 1:50 000 11/2017 aineistoa.

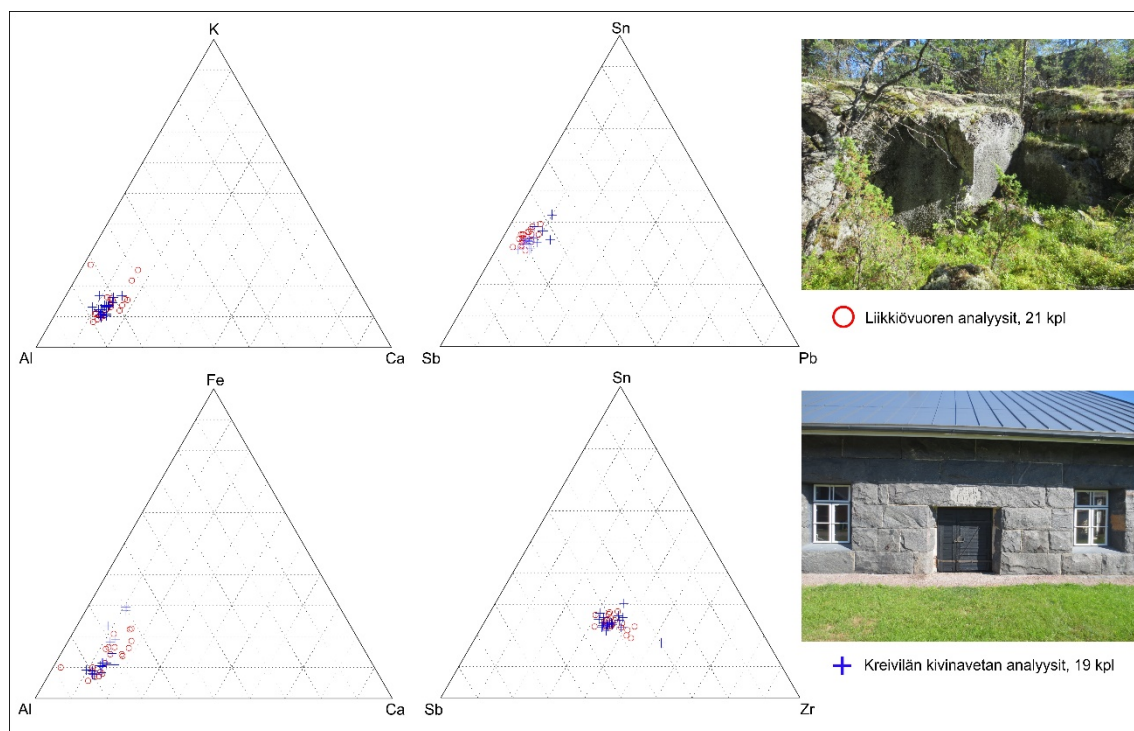
Kallioperän geokemiassa kiven kymmenen runsaimmin esiintyvää pääalkuainetta (tavallisesti yhteensä 95–99 % kokonaiskoostumuksesta) muunnetaan usein alkuaineen oksideiksi. Tällöin puhtaan alkuaineen ppm-pitoisuus (XRF:n mittaustulos) kerrotaan kyseisen alkuaineen oksidimuunnoskerroimella ja tulo jaetaan kymmenellä tuhannella, jotta saadaan alkuaineoksidipitoisuus prosentteina. Saatujen alkuaineoksidien prosenttiarvojen summa ylittää yleensä 100 % ja siksi se usein vielä tasoitetaan määräsuhteissa sataan prosenttiin. Kallioperägeokemiassa kymmenen tavallisesti runsaimmin esiintyvää alkuainetta esitetään seuraavassa järjestyksessä: SiO_2 , TiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 tai FeO , MnO , MgO , CaO , Na_2O , K_2O ja P_2O_5 . Tässä tutkimuksessa oksidimuunnosta ei tehty, koska pääalkuaineiden puutteellisen analysoinnin takia oksideja ei olisi voinut luotettavasti tasoittaa sataan prosenttiin.

Analyysejä tehtiin GCDKit-ohjelmistolla (Janousek et al. 2006), mikä on tällä hetkellä paljon käytetty ohjelma kallioperän geokemiallisten analyysitulosten esittämisessä. GCDKit-ohjelmistossa on sama, annetaanko pitoisuus

puhtaana alkuaineena vai oksidina, koska ohjelma laskee kaavioiden kuvaajat oletusarvoisesti aina puhtaan alkuaineen mukaan.

Analyysituloksessa vähäisemmissä määrin esiintyvät hivenalkuaineet esitetään miljoonasosina, ppm (parts per million). Kivet nimetään tavallisesti päämineraalien määräsuhteiden mukaan, jotka voidaan laskea petrologisista ohuthieistä polarisaatiomikroskoopin avulla. Koska mineraalit ovat kemiallisia yhdisteitä, geokemiallista luokittelua ja nimeämistä käytetään myös yleisesti.

Kaikkiaan 39 pXRF-analyysiä, 21 kpl louhokselta ja 19 kpl kivinavetasta, tehtiin kokeiltaessa tutkimuksessa käytettyä luonnonkivien analysointimenetelmää. Analyysikaavioiden vertailu osoittaa huomattavaa vastaavuutta louhoksesta peräisin olevan kivien ja navetan kivien alkuainepitoisuuksien välillä, varsinkin kun tarkastellaan ja vertaillaan hivenalkuainepitoisuuksia. Pääalkuaineiden pitoisuuksien hajonta on suurempaa ja siihen voivat vaikuttaa esim. kiven mineraalirakeiden karkeus eli mitattavan kiven epähomogeenisuus (Kuva 4).



Kuva 4. Liikkiövuoren louhoksen (punainen ympyrä) ja Kreivilän kivinavetan (sininen risti) alkuaineanalyysien vertailu neljässä geokemiallisessa kaaviossa. Vasemmanpuoleisissa kaavioissa Al-K-Ca ja Al-Fe-Ca vertaillaan pääalkuaineiden analyysejä ja oikeanpuoleisissa kaavioissa Sb-Sn-Pb and Sb-Sn-Zr hivenalkuaineiden analyysejä. Hajonta hivenalkuaineiden kesken on selvästi vähäisempää kuin pääalkuaineilla.

Tapaustutkimus paljasti, että hivenalkuaineita käyttämällä voisi kivilajivertailussa päästä tarkempiin tuloksiin kuin pääalkuaineita vertailemalla. Koska tärkeät tiedot pääalkuaineista natrium ja magnesium puuttuivat, ja ilmeisesti piin ja alumiinin määrä on vääristynyt, on mahdotonta käyttää pXRF-analyyseja tavanomaisiin geokemiallisiin kivien QAPF- tai TAS-nimeämisluokituksiin (Le Maitre 2002: 21–42).

5. Tutkimusaineisto ja analysointimenetelmät

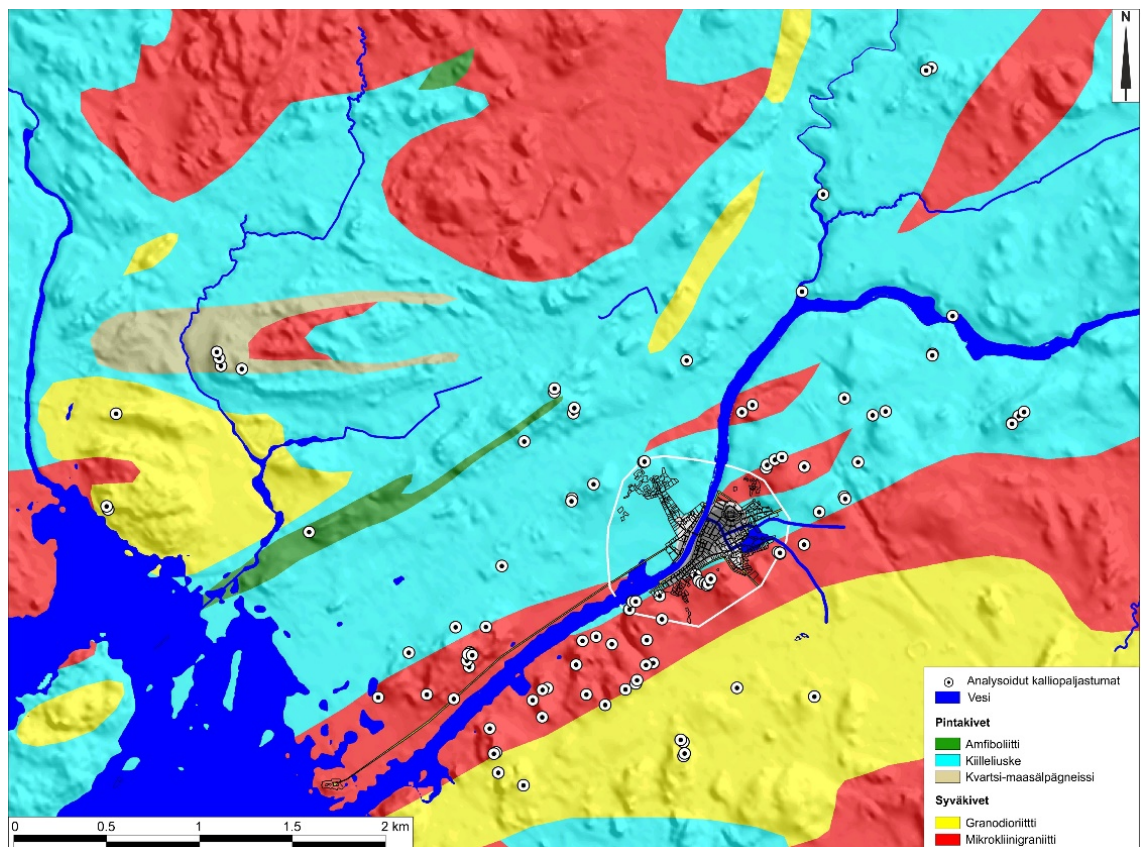
5.1. Kallioperätutkimukset ja paljastuma-analyysit

Turun seudun monipuolista geologiaa on viime vuosina käsitelty useissa tutkimuksissa (Esim. Väisänen et al. 1994; Väisänen & Hölttä 1999; Väisänen 2002; Helenius et al. 2004; Väisänen & Westerlund 2007; Nevalainen et al. 2014). Turun alueen peruskallio koostuu pääasiassa iäkkäämmistä pintakivistä ja hieman niitä nuoremmista syväkivistä. Pintakivet, iältään noin 1900 Ma, olivat alun perin sedimenttejä ja vulkaniitteja, jotka kerrostuivat matalan meren pohjaan. Ne metamorfoituivat myöhemmin svekofennisen orogenian eli vuorenmuodostuksen yhteydessä korkeassa lämpötilassa ja paineessa. Alkuperäisen sedimenttikerrostuman koostumuksesta (mineralogia ja kemia) riippuen niistä muodostui mm. kvartsi-maasälpägneissia, kiillegneissia tai amfiboliittia.

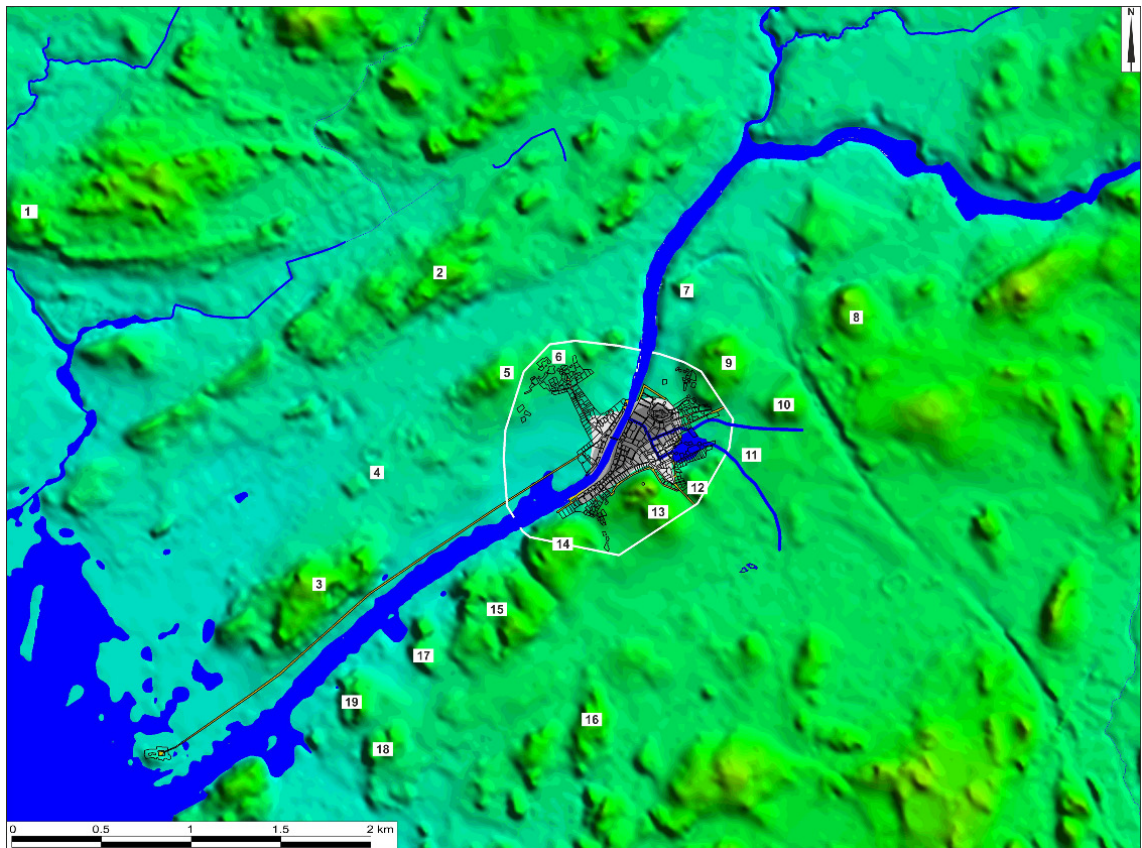
Metamorfiset pintasyntyiset kivet ovat yleensä hienorakeisia ja voimakkaasti suuntautuneita, usein raitaisia, sekä yleisväriltään tummia mafisten mineraalien vuoksi. Korkean lämpötilan ja paineen vuoksi jotkut sedimentit sulivat joko osittain tai kokonaan (anateksis) ja jäähtyessään muodostivat migmatiitteja tai sedimenttisyntyisiä S-tyyppin graniitteja. Lisäksi pitkään vaikuttaneet korkea lämpötila ja paine aiheuttivat metamorfisten mineraalien (porfyroblastien), tavallisesti granaatin ja/tai kordieriitin, kasvua, joita molempia on runsaasti Lounais-Suomen kallioperän kivissä. Maan kuoressa syntyneisiin syväkiviin kuuluvat vanhemmat synorogeeniset granitoidit (Turun alueella 1890–1870 Ma) granodioriitit, dioriitit, tonaliitit ja nuoremmat myöhäisorogeeniset 1840–1810 Ma mikrokliinigraniitit. Granitoidit ovat alun perin kiteytyneet magmasta syvällä maankuoressa. Graniitit ovat yleensä homogeenisia, keskirakeisia-karkeita ja vaaleita. Granitoidien päämineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi ja kalimaasälpä. (Karhunen 2004; Kohonen & Rämö 2005)

Tutkimuksen aikana käytiin maastossa Turun keskustan läheisyydessä kesinä 2015 ja 2016 monilla kalliopaljastumilla, jolloin pyrittiin saamaan mahdollisimman kokonaisvaltainen ja kattava kuva eri kivilajien esiintymisestä. Kalliopaljastumia haettiin erottamalla Maastotietokannan ja Turun karttapalvelun maastokartan kalliopolygonit ja tarkastelemalla niitä kallioperägeologisen kartan (Lindberg et al. 1994) kanssa. Ensin valittiin kaikki paljastumat Aboa Vetus & Ars Nova -museon läheisyydessä. Toiseksi pyrittiin hakemaan paljastumia, jotta kaikki kallioperäkartalla esiintyvät kivilajit tulisivat katetuiksi. Lopuksi valittiin paljastumia niin, että ne täyttäsivät välit tasaisesti ympäri kaupungin. Näytteenottoaikkojen sijainnit

maastossa merkittiin reittipisteiksi Garmin Montana 680 GPS:n avulla (Kuva 5). Kaiken kaikkiaan 88 käsinäytettä kerättiin, valokuvattiin, tutkittiin, nimettiin ja analysoitiin. Näiden näytteiden avulla muodostettiin luokittelun perusta jakamalla kivet ulkonäön perusteella ryhmiin. Lisäksi 16 analyysia otettiin suoraan kalliopaljastuimista. Kallioperäanalyysien kokonaismäärä oli 104, mutta kivilajien, joita ei ollut museossa, analyysijä hylättiin (mm. dioriitti, amfiboliitti, kellertävä graniitti) ja lopulliseen vertailuun jäi jäljelle 89 analyysia (Liite 1). Kuvassa 6 esitetään nimettyinä tutkitut kallioalueet, joilla olisi ollut mahdollista louhia rakennuskiveä.



Kuva 5. Kuvassa esitetään kaikki maastossa kalliopaljastumilta tehdyt pXRF analyysit (104 kpl). Karttapohjana on Korkeusmalli 10 m päälle asetettu Suomen geologinen kallioperäkartta 1:100 000 (Lindberg et al. 1994). Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 10 m 11/2017 aineistoa.



Kuva 6. Kuvassa kallioalueet, joilla historiallista kivenlouhintaa on mahdollisesti tehty. 1. Suikkila, 2. Juhannuskukkula, 3. Kakolanmäki, 4. Mikaelinpuisto, 5. Puolalanmäki, 6. Tuureporinkatu, 7. Tuomaansilta, 8. Kuuvuori, 9. Yliopistonmäki, 10. TYKS, 11. Sirkkalanmäki, 12. Kerttulinmäki, 13. Vartiovuori, 14. Samppalinna, 15. Urheilupuisto, 16. Mäntymäki, 17. Martinmäki, 18. Vähäheikkilä ja 19. Vilkkilänmäki. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

5.2. Rakennuskivien analysointi

Aboa Vetus & Ars Nova -museossa tutkittavat ja analysoitavat rakennuskivet valittiin parhaista seinä- tai porraskivistä kaikkiaan kahdestatoista kellarista. Kivien seinästä ulospäin näkyvät lohkopintojen muodot vaihtelevat enemmän tai vähemmän suorakulmaisista pyöreäköihin. Selvästi tasaiseksi ja kantikkaaksi muotoiltuja kiviä ei ollut yhtään. Lattiakiviä ei analysoitu, koska ne ovat yleensä pieniä pyörityneitä irtokiviä eikä niissä ole merkkejä louhinnasta. Lattiakiviä ei voida myöskään varmuudella ajoittaa, sillä ne on saatettu asentaa huomattavasti myöhemmin rakennuksen valmistuttua tai niitä on rakennuksen elinkaaren aikana voitu vaihtaa. Sopivien kivien määrä vaihteli kellareittain, mutta ainakin yksi kivi jokaista eri kivilajia pyrittiin analysoimaan joka kellarista. Kuitenkin pienikokoiset ja selvästi pyörityneet irtokivet hylättiin, samoin kuin selvästi likaisia (ruosteiset, rapatut ym.) kiviä vältettiin, koska kivipintojen likaisuus vaikuttaa analyysihin. Kiven pinnasta valitut paikat, joista analyysit mitattiin, pestiin

vedellä ja nailonharjalla. Analysointi tehtiin puhdistetusta ja itseksään kuivuneesta kalliopinnasta. Analysoitava pinta-ala näytteessä on noin 0,8 cm². Jos kivi on hyvin karkearakeinen, mittaus saattaa tapahtua yksittäisestä mineraalirakeesta, jolloin analyysitulokset perustuu mineraalin koostumukseen eikä koko kiven koostumukseen, mitä tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään.

Siksi samasta kivistä otettiin vierekkäin, enintään n. 5 cm etäisyydeltä toisistaan, kaksi analyysiä, joista pXRF-laite laskee keskiarvon. Laite keskiarvottaa mitattamansa analyysit ohjelmoidulla algoritmilla, mikä poikkeaa tavallisesta keskiarvosta (Olympus 2012: 115–124). Koska kokokivianalyysin saa oletusarvoisesti paremmin hienorakeisesta kivistä, analyysit pyrittiin tekemään kivien hienorakeisemmasta osasta. Silmämääräisesti arvioituna yksikään analysoiduista kohdista ei ollut niin karkearakeinen, että mainitun kaltaista ongelmaa olisi esiintynyt, mutta varmuuden vuoksi päädyttiin kahteen analyysiin/kivi.

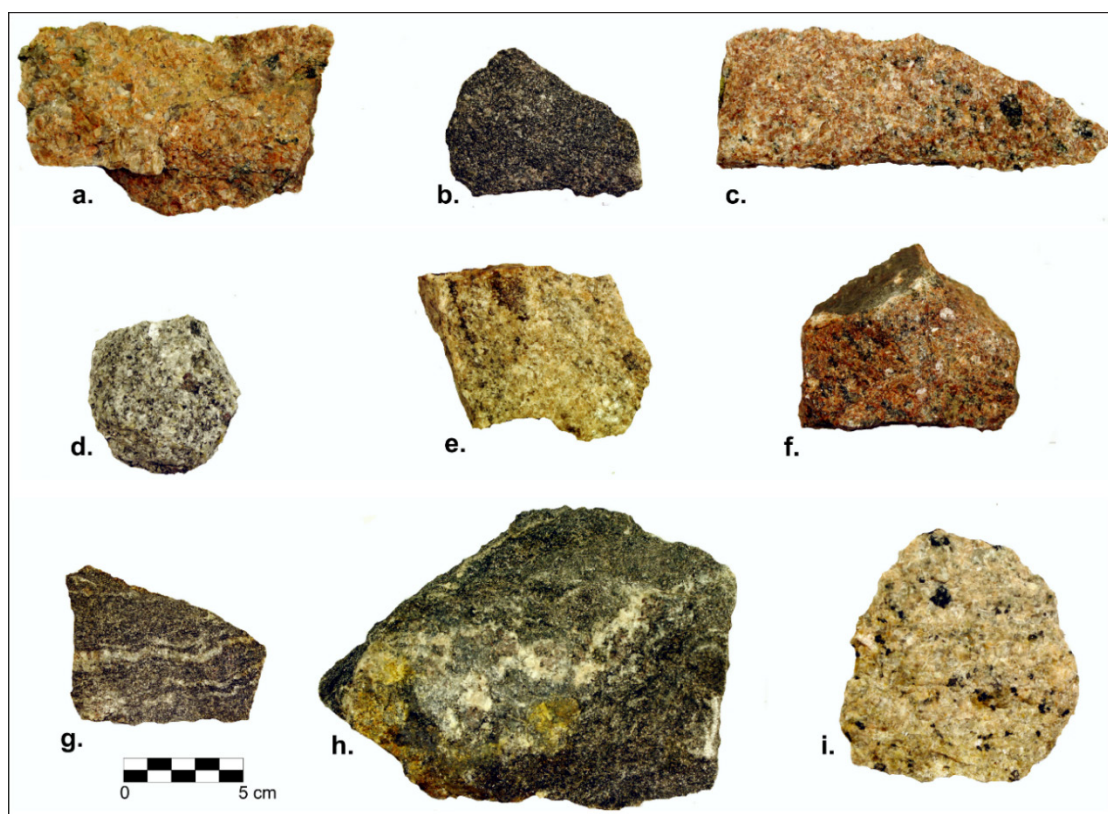
Muitakin näytteenottoon liittyviä rajoituksia oli. Kellarista K94:10 analysoitiin vain ulkoseinän kiviä, koska näytteenottohetkellä kellarissa oli museon näyttely ja pääsy seinän vierustoille oli estynyt. Kellareissa K94:12, K94:11 ja etenkin K94:9 arkeologiset kaivaukset olivat, ja ovat edelleen, vielä kesken. Siksi kaikki seinäkivet eivät olleet näkyvissä ja kivien valinta tehtiin vain näkyvistä ja saavutettavista kivistä. Kaiken kaikkiaan sopivien kivien määrä vaihteli kahdeksasta 63:een kussakin kellarissa ja analysoitujen kivien osuus kaikista näkyvillä olevista sopivista rakennuskivistä eri kellareissa vaihteli välillä 14 % – 79 %. Kaiken kaikkiaan museon noin 260 kiveä tutkittiin, dokumentoitiin ja analysoitiin pXRF-laitteella. Neljäkymmentä näytettä hylättiin, koska niiden ajoitusta ei pystytty vahvistamaan keskiaikaiseksi. Viisitoista analyysiä jätettiin pois, koska niistä puuttui vertailua varten olennaisia alkuaineita (mukaan lukien esimerkiksi ainoa amfiboliittikivi). Loput hylätyt museon analyysit ovat pääasiassa kivien pinnan kontaminaatiosta johtuvia, täysin kivilajille poikkeavia analyysituloksia. Huonojen analyysitulosten poistamisen jälkeen vertailuun jäi lopulta noin kaksi kolmasosaa eli 163 analyysiä kahdestatoista kellarista (Liitteet 2 & 3, Kuva 7).



Kuva 7. Aboa Vetus & Ars Nova -museon rakennuskivien analyysit (163 kpl). Kartta sisältää aineistoa Aboa Vetus & Ars Nova -museon arkistosta (Yleiskartta kellareista 08a 1:100).

6. Kivilajien typologia

Kaikkien tutkittujen maastosta otettujen näytteiden ja tehtyjen havaintojen huolellisen tarkastelun perusteella kivet luokiteltiin neljääntoista eri tyyppiin ensisijaisesti geologisen nimen ja rakenteen sekä toissijaisesti ulkonäön mukaan. Silmämääräinen (mesoskooppinen) kivien tarkastelu ja nimeäminen perustui kivien mineraalien esiintymiseen ja määräsuhteisiin, mahdollisiin metamorfisiin piirteisiin, kuten metamorfisten mineraalirakeiden kasvuun (porfyroblastit) ja migmatismiin sekä tässä tutkimuksessa myös väriin ja raekokoon. Näistä neljästätoista Turun lähiympäristön kivityypistä yhdeksän oli yhteisiä Aboa Vetus & Ars Nova -museon kivien kanssa ja niiden perusteella muodostettiin tutkimuksessa käytetty kivien typologia. Seuraavassa esitetyt kivityypit on järjestetty niiden yleisyyden mukaan Aboa Vetus & Ars Nova -museossa ensin yleisin ja viimeiseksi vähiten esiintyvä kivityyppi (Kuva 8).



Kuva 8. Kalliopaljastumien ja Aboa Vetus & Ars Nova -museon tutkittujen rakennuskivien yhteiset kivityypit. a. Tyypin 1, kvartsigraniitti (näyte 2016-1-38, Suikkila. N: 6712 322, E: 237 072), b. Tyypin 2, kiillegneissi (näyte 2016-2-9, Tuureporinkatu. N: 6711 509, E: 239 807), c. Tyypin 3, graniitti – punainen kakoliitti (näyte 2016-1-23, Amiraalistonkatu. N: 6709 995, E: 238 213), d. Tyypin 4, granodioriitti (näyte 2016-2-4, Vesimiehenkatu. N: 6711 420, E:241 290), e. Tyypin 5, graniitti – harmaa kakoliitti (näyte 2016-2-2, Halistenkoski. N: 6712 387, E: 242 006), f. Tyypin 6, graniitti – punamusta (näyte 2016-1-27, Mikaelinpuisto. N: 6710 853, E: 238 786), g. Tyypin 7, kvartsi-maasälpägneissi/suonigneissi (näyte 2016-1-21, Kalastajankatu. N: 6709 997, E: 237 877), h. Tyypin 8, granaatti-kordieriitti-kiillegneissi/kintsigiitti (näyte 2015-20, Yliopistonmäki. N: 6711 471, E: 240 717), i. Tyypin 9, graniitti – mustapilkuinen (näyte 2015-17, Tuomaansilta. N: 6711 858, E: 240 584). Koordinaatit ETRS89-TM35FIN-projektiossa (EPSG:3067).

1. Kwartsigraniitti. Tämän hyvin yleisen kiven tärkeimmät mineraalit ovat kalimaasälpä ja kvartsi, suhteessa noin 50:50. Kalimaasälpäkiteet ovat väriltään usein lohenpunaisia ja niiden välissä on epämääräisinä muotoina harmaanruskeaa läpinäkyvää lasimaista kvartsia. Kwartsigraniitti on tavallisesti karkeaa ja tässä tutkituista kivistä kaikkein karkearakeisin kivilaji.
2. Kiillegneissi-kiilleliuske. Tärkeimmät mineraalit kiillegneississä ovat kvartsi, plagioklaasi ja biotiitti. Kiillegneissin tuore pinta on lähes musta ja rapautumispinta on yleisesti ruosteenruskea. Kivi on hienorakeinen, homogeeninen ja suuntautunut, joskus täysin liuskeinen, jolloin puhutaan kiilleliuskeesta. Tässä kivityypissä ei esiinny havaittavia metamorfisia porfyroblasteja.
3. Graniitti - punainen kakoliitti. Tärkeimmät mineraalit ovat kvartsi, kalimaasälpä, plagioklaasi, kordieriitti ± granaatti. Kiven väri on voimakkaan punainen ja siinä esiintyy tavallisesti kordieriitti- ± granaattiporfyroblasteja (halkaisija noin 0,5–2 cm). Kivi on yleensä keskikarkea ja tasarakeinen.
4. Granodioriitti. Tärkeimmät mineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi, biotiitti ja sarvivälke sekä vähäisessä määrin kalimaasälpä. Granodioriitti on väriltään tavallisesti mustavalkoinen, joskin vaaleanharmaan ja punertavan harmaan sävyjä esiintyy. Kivi on pääosin keskikarkea ja usein suuntautunut. Metamorfiset porfyroblastit ovat harvinaisia ja jos niitä esiintyy, ne ovat yleensä kiven yleisasussa paljain silmin havaitsemattomia.
5. Graniitti - harmaa kakoliitti. Tärkeimmät mineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä, kordieriitti ± granaatti. Harmaa kakoliitti on väriltään sinertävän harmaa. Kivi on tavallisesti keski- tai karkearakeinen, tasarakeinen ja sisältää kordieriitti- ja granaattiporfyroblasteja, läpimitaltaan noin 0,5–2 cm.
6. Graniitti – punamusta. Päämineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä ja biotiitti. Kivi on ulkonäöltään punamusta, tavallisesti keskikarkea ja suuntautumaton. Metamorfiset porfyroblastit ovat harvinaisia ja jos niitä esiintyy, ne ovat pieniä.

7. Kvartsi-maasälpägneissi. Usein migmatiittinen, raitainen kivi, jonka päämineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä ja biotiitti. Raidallisuus johtuu väriltään tumman sedimenttisen paleosomin ja vaalean graniittisen neosomin vuorottelusta. Kivi on tavallisesti läpikotaisin suuntautunut, liuskeinen ja usein poimuttunut. Kvartsi-maasälpägneississä ei yleensä ole metamorfisia porfyroblasteja.

8. Granaatti-kordieriitti-kiillegneissi – kintsigiitti. Tämän migmatiittisen, läpikotaisesti suuntautuneen raitaisen kiven tärkeimmät mineraalit ovat plagioklaasi, kvartsi, biotiitti, kalimaasälpä, granaatti ± kordieriitti. Sedimenttistä alkuperää edustava paleosomi on musta tai tummanharmaa, hieno- tai keskirakeinen kiillegneissi tai kvartsi-maasälpägneissi. Graniittinen karkeampi neosomi on väriltään valkoinen/vaalea, ja siinä esiintyy kookkaita granaattiporfyroblasteja (halkaisijaltaan 5–20 mm).

9. Graniitti – mustapilkkuinen. Päämineraalit ovat kvartsi, plagioklaasi, kalimaasälpä, granaatti ± kordieriitti. Kiven väri on harmaa, joskus punertava ja siinä esiintyy pieniä mustia mineraalirakeita jotka tekevät kiven ulkoasusta selvästi muista erottuvan. Kivi on tavallisesti keskikarkea ja tasarakeinen.

Aboa Vetus & Ars Nova -museosta löydettiin kaksi rakennuskivenä käytettyä ja muurattua kalkkikiveä, joiden väri oli vaalean vihertävän harmaa. Nämä kalkkikivet olivat hienorakeisia ja tasarakeisia, eikä niissä ollut näkyviä fossiileja tai eliöiden ryömisjälkiä rapautuneilla pinnoilla. Kalkkikivet tutkittiin ja analysoitiin, mutta analyysit eivät sisälly kivien vertailuun, koska lähinnä vastaavia kalkkikiviä esiintyy nykyisin Selkämeren pohjassa ja muutamalla kaukaisella saarella. Tällaisia Fennoskandian kambrikalkkikiviä esiintyy yleisesti kalliorannoilla irtokivinä. Gotlannista ja Virosta peräisin olevat tuodut kalkkikivet ovat nuorempia, ordoviikki- ja siluurikalkkikiviä, ja niissä on tavallisesti runsaasti fossiileja (Magnusson et al. 1963: 276–283, Perens & Kala 2007: 16–17).

Lisäksi museossa analysoitiin yksi amfiboliitti, jonka analyysi epäonnistui, eikä sitä uusittu, koska pieni kivi oli todennäköisesti muutenkin irtokivi ja se oli peräisin ajoittamattomasta ulkoseinästä.

Turun seudun kallioperä esitetään Kuvaan 3 yhdistetyssä Geologian tutkimuskeskuksen 1:100 000-mittakaavaisessa kallioperäkartassa. Kartan *Kiillegneissin* kuuluvat tyyppin 2 kiillegneissi ja tyyppin 8 granaatti-kordieriitti-kiillegneissi-kintsigiitti. Kintsigiitti on yleistä myös graniitin sisään jääneissä 0,5–5 m paksuisissa välikerroksissa. *Kvartsi-maasälpagneissin* kuuluu tyyppin 7 kvartsi-maasälpagneissi/suonigneissi, jota esiintyy myös joissain migmatiittisissa osissa. *Amfiboliitti* on syntynyt pintasyntyisistä sedimenteistä samoin kuin kiillegneissi, mutta mafisempi (enemmän Mg-Fe-mineraaleja sisältävä) lähtökivi on metamorfoosissa muuttunut amfiboliitiksi. *Granodioriittiin* kuuluu tyyppi 4, granodioriitti. Kallioperäkartan *Mikrokliinigraniitti* sisältää kaikki graniittityypit 1, 3, 5, 6 ja 9, jotka tässä on jaettu ulkonäön mukaan.

Kivien luokittelun ja typologian yhteydessä eri kivityyppien määrä museossa ja kalliopaljastumilla laskettiin. Tulokset on esitetty Taulukossa 1.

Taulukko 1. Analyysien määrät kivityypeittäin Aboa Vetus & Ars Nova -museossa ja kalliopaljastumilla..

Kivityyppi	Kiven nimi	Analyysejä	Analyysejä	Analyysejä yhteensä
		Aboa Vetus -museossa	kalliopaljastumilla	
1	Kvartsigraniitti	46	10	56
2	Kiillegneissi - kiilleliuske	31	11	42
3	Graniitti - punainen kakoliitti	28	20	48
4	Granodioriitti	18	10	28
5	Graniitti - harmaa kakoliitti	14	11	25
6	Graniitti - punamusta	9	9	18
7	Kvartsi-maasälpagneissi	7	9	16
8	Kintsigiitti	6	3	9
9	Graniitti - mustapilkkuinen	4	6	10
	Analyysejä yhteensä	163	89	252

7. Aboa Vetus & Ars Nova -museon keskiaikaisten rakennuskivien alkuperä

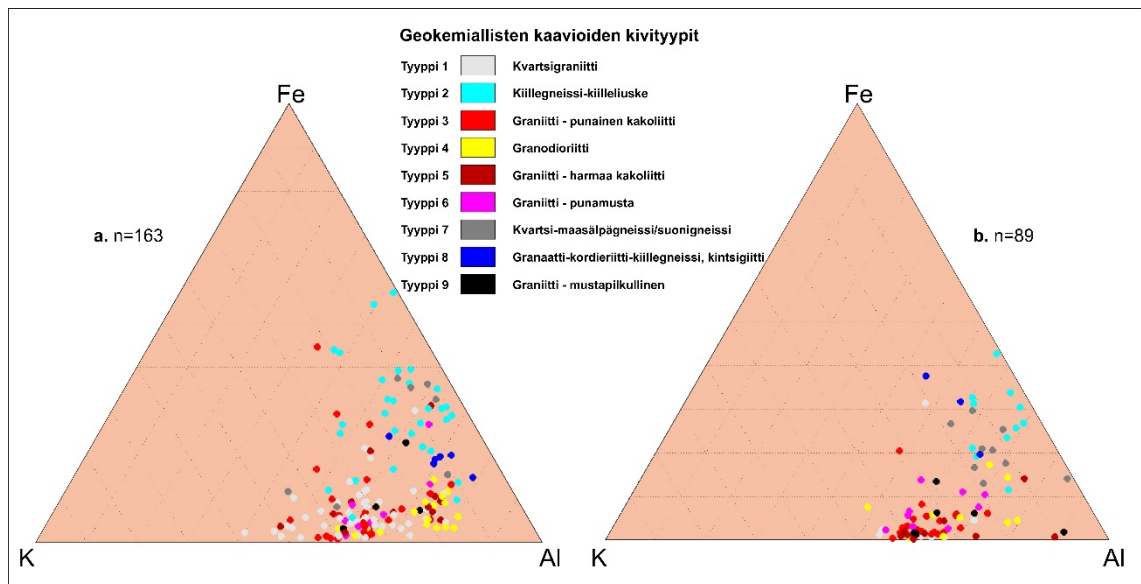
Aboa Vetus & Ars Nova -museon rakennuskivien alkuperän määrittäminen perustui tutkimusaineiston kokonaistarkasteluun, käsinäytteiden ja valokuvien vertailuun sekä geokemiallisten analyysien vertailuun. XRF-analyysit muodostivat tulkintaprosessissa yhden tekijän muiden joukossa, mutta niillä oli kuitenkin avainasema päätettäessä lopullista mahdollista kiven provenienssia. Taulukoitujen analyysitulosten esikäsittely tehtiin MS Excelin avulla ja kaaviot tehtiin GCDKit-ohjelmalla (Janousek et al. 2006).

Useiden kokeilujen jälkeen ja ottaen samalla huomioon alkuaineiden esiintymisen rajoitukset analyyseissä, niiden vertailuun valittiin geokemialliset kaaviot K-Fe-Al, Zr-Pb-V, Al-Ti, K-Al, K-Fe, ja K-Ti. Kaavio K-Fe-Al oli käytännössä ainoa mahdollinen pääalkuaineiden kolmiokaavio. Zr-Pb-V-kolmiokaavio runsaimmin esiintyvistä hivenalkuaineista antoi hyvän ja helpommin tulkittavan hajonnan. Alumiinia ja titaania pidetään kivissä stabiileina elementteinä, ja niiden välisen suhteen katsotaan kuvastavan kiven alkuperäistä koostumusta. Siksi yhdeksi kaavioksi valittiin Al-Ti. Kolmea viimeistä kaaviota, K-Al, K-Fe, ja K-Ti, käytettiin tietojen ristiin tarkistamiseen.

Kivilajit jaettiin analyysien vertailua varten kolmeen ryhmään; pintakivet (tyypit 2, 7 ja 8), granodioriitti (tyyppi 4) ja graniitit (tyypit 1, 3, 5, 6 ja 9). Analyyseistä tehtiin kaaviot kellari kellarilta, jolloin Aboa Vetus & Ars Nova -museosta saatiin 216 geokemiallista kaaviota (6 kaaviotyyppiä x 3 kivityyppiä x 12 kellaria). Kalliopaljastumien analyyseistä tehtiin 18 kaaviota (6 kaaviotyyppiä x 3 kivityyppiä).

Vaikka rakennuskivien provenienssimäärittelyt pitkälle perustuvatkin geokemialliseen vertailuun, vertailuprosessia ei ollut järkevää sen laajuuden vuoksi tässä esittää. Kaikki analyysien lähtödata on annettu Liitteissä 1 ja 2, joiden tietojen perusteella kaaviot on helppo rekonstruoida. Kaavioiden tulostamiseen käytetty GCDKit-ohjelma on ladattavana ilmaiseksi sen kehittäjän kotisivulta osoitteesta: <http://www.gcdkit.org/>. Kaikki museon ja kalliopaljastumien analyysit on esitetty esimerkinomaisesti kahdessa vertailukelpoisessa K-Fe-Al -kaaviossa (Kuva 9).

Seuraavassa esitetään Aboa Vetus & Ars Nova -museon kellareiden tutkittujen ja analysoitujen rakennuskivien provenienssit jokaiselle esiintyvälle kivityypille kellari kerrallaan. Jos kivityypille esitetään useampi kuin yksi mahdollinen lähtöpaikka on todennäköisin esitetty ensin.



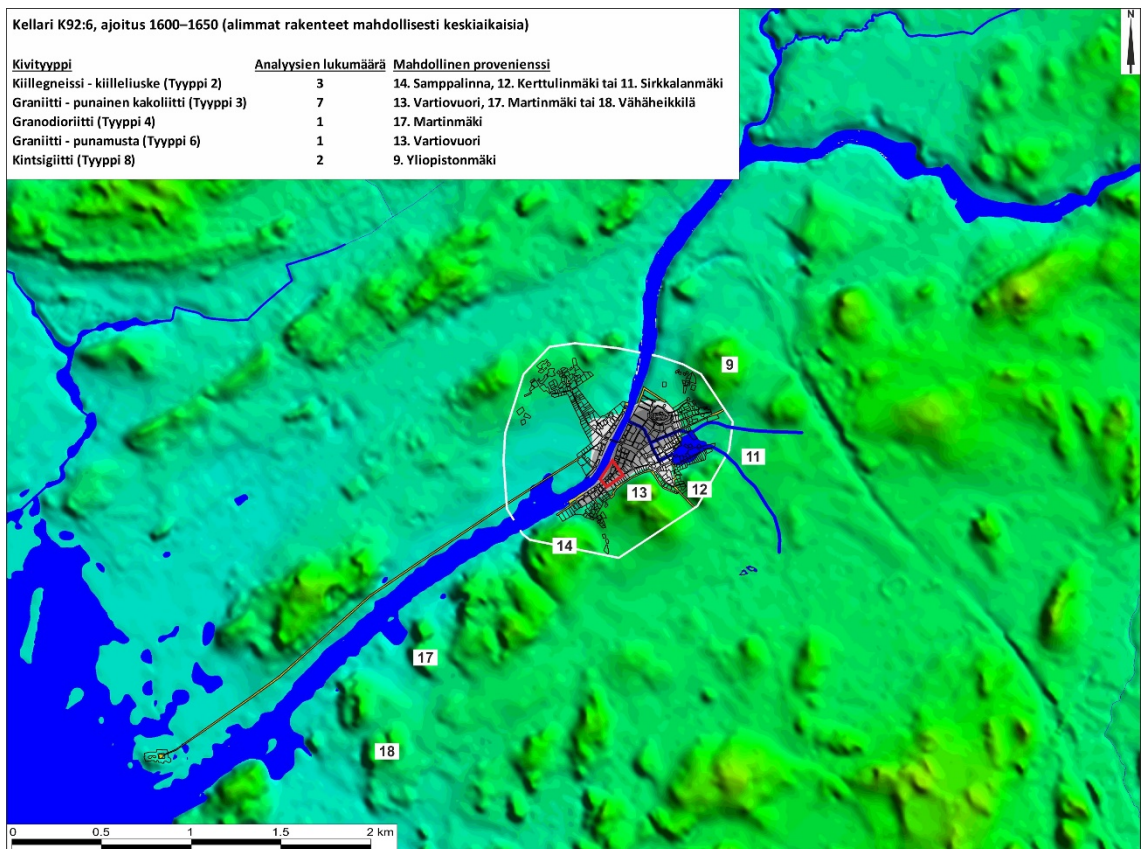
Kuva 9. a) Kaikki Aboa Vetus & Ars Nova -museon analyysit (163 kpl) K-Fe-Al -kaaviossa. b) Kaikki kalliopaljastumien analyysit (89 kpl) K-Fe-Al -kaaviossa. Pisteiden väri kertoo analyysin kivityypin.

7.1. Kellari K92:6

Kellari K92:6 sijaitsee Aboa Vetus & Ars Nova -museon sisääntuloaulassa (Kuva 10). Se on rakennettu vanhemman kellarin päälle ja edustaa hieman nuorempaa rakennusvaihetta kuin viereinen keskiaikainen kellari K92:3. Lounaisseinän yläosan tiililimityksen perusteella kellari on rakennettu keskiajan jälkeen. Lisäksi kellarissa käytettyjä tiiliä voidaan ajoittaa 1600-luvun alkupuolelle. Kivestä valmistettu kellarin kivilattia ja seinän alemmat osat voivat kuitenkin olla osa vanhempaa, tuhoutunutta kellaria. Kellarin koko on noin 15 m². (Uotila 1995: 2–8; Sartes & Lehtonen 2007: 42–43, 198) Osa seinästä on peitetty laastilla, ja siksi monet rakennuskivet eivät soveltuneet pXRF-analyysiin. Kaiken kaikkiaan seinistä analysoitiin yhteensä 14 kiveä ja ne edustavat viittä eri kivityyppiä (Kuva 11, Taulukko 2).



Kuva 10. Kellari K92:6 Aboa Vetus & Ars Nova -museon sisääntuloaulassa. Seinien yläosa ja tynnyriholvikatto on muurattu tiilistä. Lattia on katettu nupukivillä (läpimitta n. 10–20 cm), jotka ovat pääosin pyörityneitä irtokiviä. Kuva: Markus Kivistö.



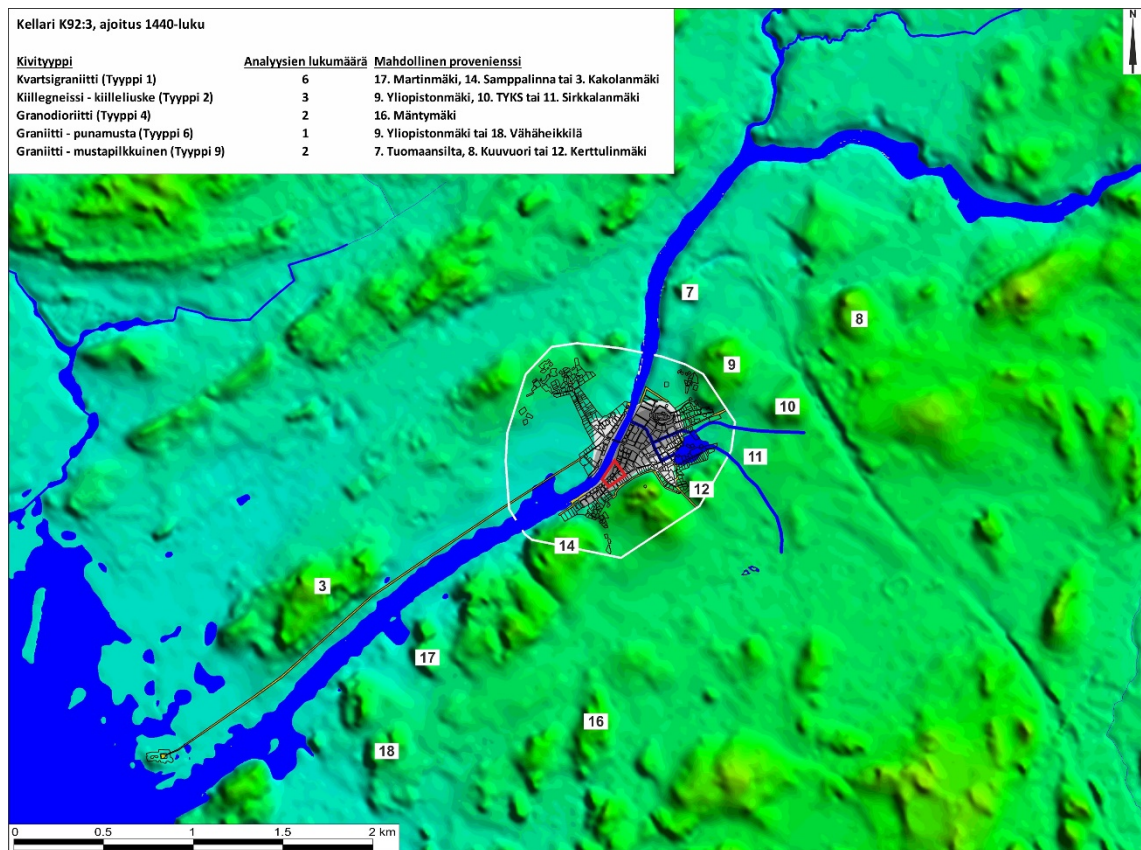
Kuva 11. Kellari K92:6 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Kiviä on louhittu samalta puolelta jokea kuin Aboa Vetus & Ars Nova museo. Punainen kakoliitti on vallitseva rakennuskivityyppi. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.2. Kellari K92:3

Kellari K92:3 sijaitsee myös museon sisääntuloaulassa (Kuva 12). Dendrokronologisen analyysin mukaan kellari on ajoitettu 1440-luvun lopulle. Kellarin pinta-ala on noin 27,5 m². Kellarin sisäseinät ovat pääosin kivistä lukuun ottamatta tiilestä tehtyä oviaukkoa, joka johtaa viereiseen portaikkoon K92:5. Rakennelman ulko- ja yläosat on tehty myös tiilistä. Kellarin lattia on tehty irtokivistä (Sartes & Lehtonen 2007: 40; Uotila 1995: 6–7; 2003: 130). Noin kaksi kolmasosaa kellarin eteläosasta on peitetty, koska museoaulan kävelysilta on rakennettu kellarin yläpuolelle. Tämän kellarin pohjoisosan kaikkien näkyvien osien seinien kivistä otettiin yhteensä 14 analyysia, jotka edustavat viittä eri kivityyppiä (Kuva 13, Taulukko 2)



Kuva 12. Kellarin K92:3 pohjoisseinä. Lattia on katettu nupukivillä (läpimitta n. 10–20 cm) kuten kellarissa K 92:6. Kuva: Markus Kivistö.



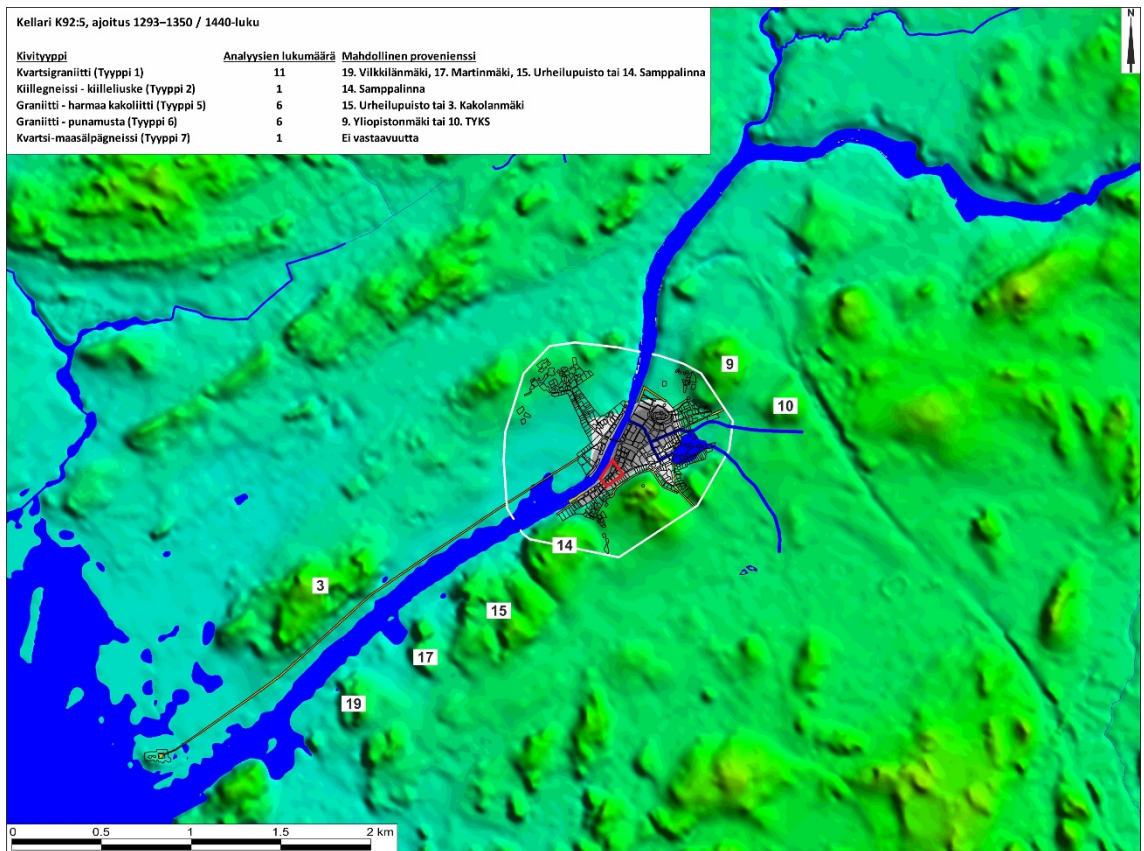
Kuva 13. Kellari K92:3 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.3. Kellari K92:5

Kellari K92:5 on kapea portaikko, joka johtaa edellä kuvattuun kellariin K92:3 museon sisääntuloaulassa (kuva 14). Portaikkotilan koko on noin 5,5 m x 1,2 m. Portaikon alaosa sekä portaat, joissa on seitsemän kellariin K92:3 johtavaa askelmaa, on tehty kivistä, mutta seinissä on käytetty myös tiiltä (Sartes & Lehtonen 2007:40–42). Portaiden perustuksesta on analysoitu yksi dendrokronologinen näyte, mikä on ajoittanut portaikon paljon vanhemmaksi (1293–1350) kuin viereinen kellari K92:3 (Sartes & Lehtonen 2007: liite 7.1; Uotila 2003: 130; Zetterberg 2003: 390). Todennäköisempää kuitenkin on että portaikko ja kellari rakennettiin samanaikaisesti 1440-luvulla, koska ne sijaitsivat samassa rakennuksessa. Kellarin kaikkien seinien ja lattian kivistä on yhteensä 25 analyysiä (Kuva 15, Taulukko 2).



Kuva 14. Kellari K92:5. Aboa Vetus & Ars Nova -museon sisääntuloaulassa. Portaat ovat muotoiltua luonnonkiveä ja johtavat kellariin K92:3. Kuva: Markus Kivistö.



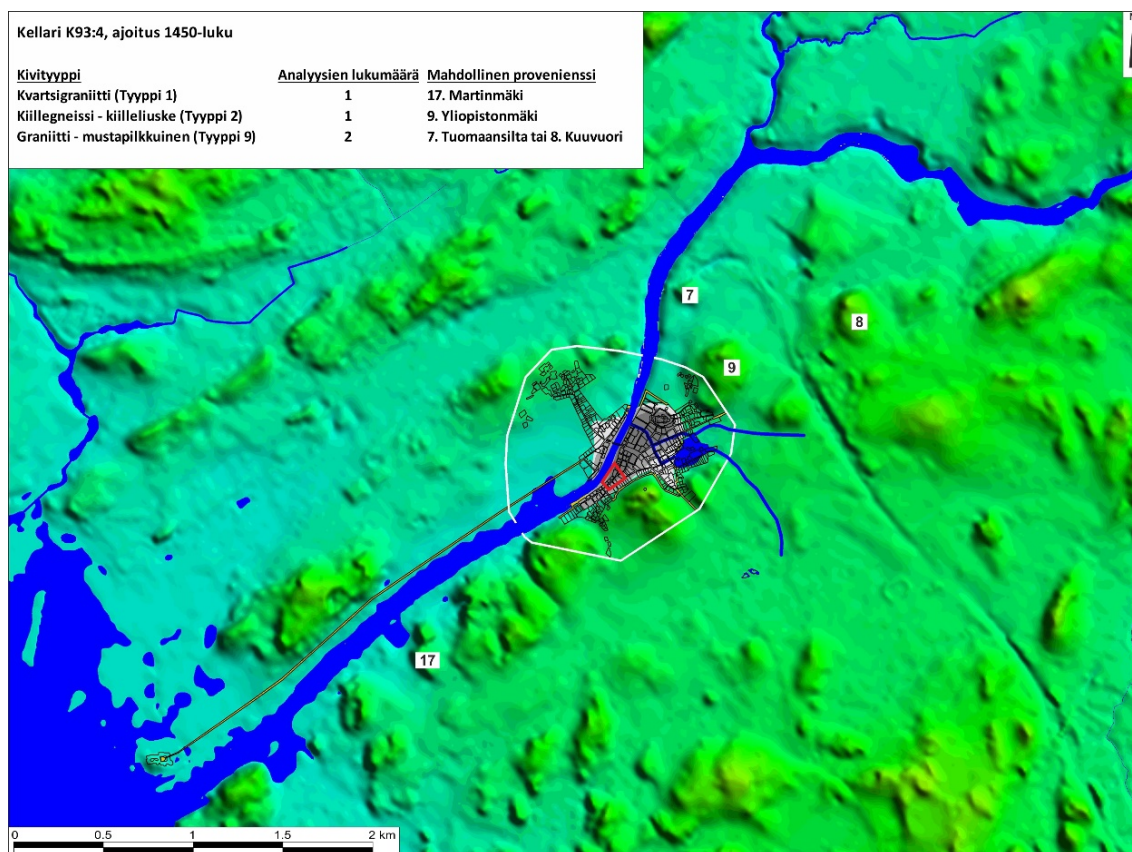
Kuva 15. Kellari K92:5 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Kvartsigraniitti sekä harmaa ja punainen kakoliitti ovat vallitsevia rakennuskivityyppejä tässä kellarissa. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.4. Kellari K93:4

Kellari K93:4 sijaitsee Aboa Vetus -museossa, ja sitä on käytetty todennäköisesti aina 1900-luvun alkupuolelle (Kuva 16). Viimeisessä käyttövaiheessa ennen 1920- ja 1990-lukujen kaivauksia kellari kuului vuonna 1874 rakennettuun Auran kylpylärakennukseen. Rakennusta käytettiin tupakkatehtaana 1920-luvulle asti, jonka jälkeen rakennus purettiin ja alapuoliset kellarit hylättiin. Dendrokronologisten ajoitusten perusteella kellari on rakennettu 1450-luvulla vanhemman rakennuksen jatkeeksi (Uotila 2007: 22, 25; 2009: 44). Vuosisatojen aikana kellaria on kunnostettu ja uusittu. Esimerkiksi lattia on päällystetty betonilla ja seinät on rapattu sementtilaastilla, joka nykyisinkin peittää suuret seinät. Kolme seinää on ilmeisesti valmistettu yksinomaan tiilistä, ja vain yhden seinän alaosa on tehty kivistä. Kellarin koko on noin 18,5 m² (Sartes & Lehtonen 2007: 61–63; Uotila 1995: 35–37). Kellarista on neljä analyysia kolmesta erilaisesta kivityypistä koilliseen päin lähtevän putkitunnelin ja seinäsyvennyksen suulta (Kuva 17, Taulukko 2).



Kuva 16. Kellarin K93:4 koilliskulma. Kapea putkikäytävä johtaa pohjoispuolen pieneen kellariin K94:6 (ei tutkittu). Kuva: Markus Kivistö.



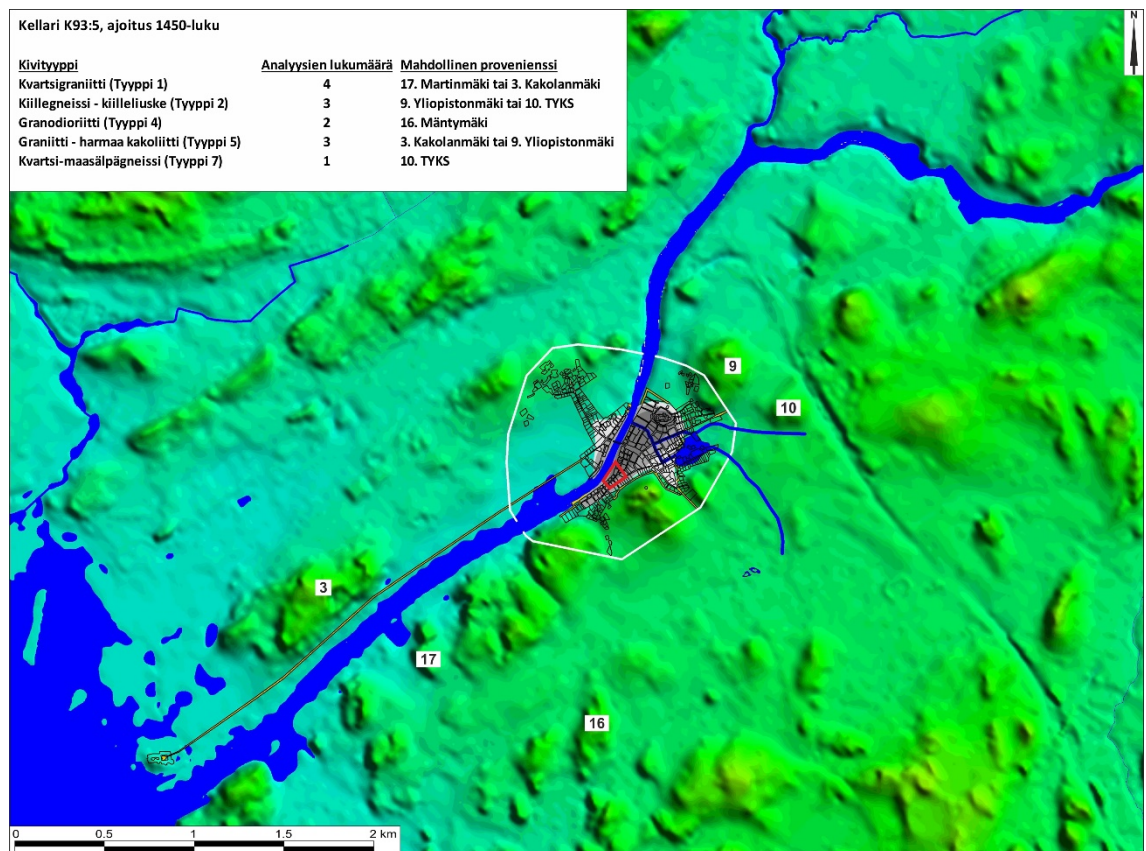
Kuva 17. Kellari K93:4 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Rakennuskivenä käytettyä mustapilkkuista graniittia löytyi kalliopaljastumilta melko suppealta alueella Tuomaansillalta ja Kuuvuoresta. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.5. Kellari K93:5

Kellari K93:5 on kellarin K93:4 vieressä ja molemmat kellarit kuuluvat suuremman rakennuskokonaisuuden samaan rakennusvaiheeseen (Kuva 18). Molemmat kellarit on luultavasti tehty 1450-luvulla. Myös tätä kellaria on käytetty 1900-luvun alkupuolelle asti, ja kellariin on tehty joitain remontteja vuosisatojen aikana. Kellari löydettiin osittain purettuna 1990-luvun alussa, ja sitä rekonstruoiitiin museon rakentamisen yhteydessä 1990-luvun puolivälissä. Kellarin koko on vain 4,8 m². Seinien alemmat osat on muurattu rakennuskivistä, mutta seinien yläosa sekä holvikatto on tehty tiilistä. Seinät on rapattu ja rappausta on edelleen paikoin jäljellä. Maalattiasta, jolle pohjavesi nykyisin nousee ajoittain kymmenenkin senttimetrin korkeudelle, ei ole löydetty jälkiä kiveämisestä (Sartes & Lehtonen 2007: 63–64; Uotila 1995: 38–39, 2007: 22, 2009: 44). Kellarin rakennuskivistä tehtiin 16 analyysiä oviaukosta vasempaan lounais-, luoteis- ja koilliseen, joissa rakennuskiviä on käytetty eniten (Kuva 19) ja ne edustivat viittä eri kivityyppiä (Taulukko 2).



Kuva 18. Kellarin K93:5 koillisseinää ja tynnyriholvattu katto. Kuva: Markus Kivistö.



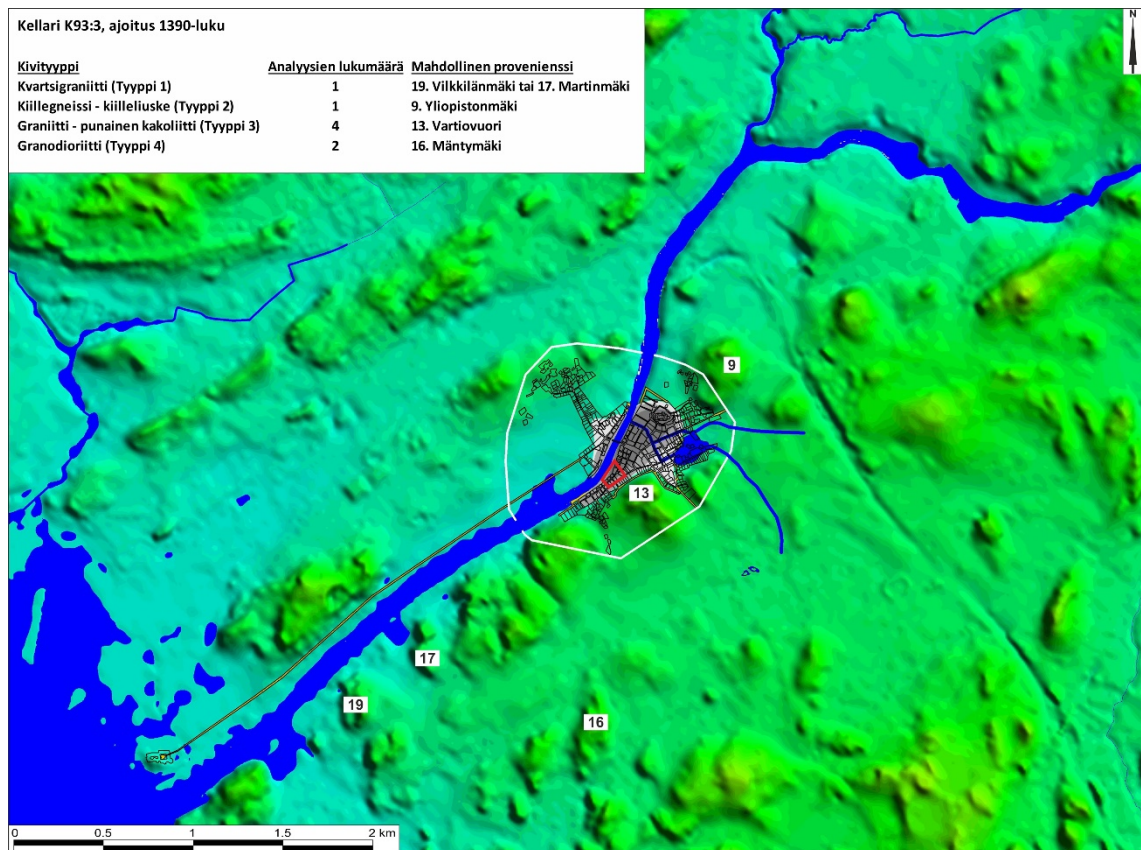
Kuva 19. Kellari K93:5 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Kellarissa on käytetty useita rakennuskivityyppejä, joiden alkuperä näyttäisi rajautuvan kolmeen paikkaan. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.6. Kellari K93:3

Kellari K93:3 (Kuva 20) sijaitsee edellä mainitun kellarin K93:4 lounaispuolella ja se on myös läheisessä yhteydessä vierekkäiseen kellariin K93:2, jota ei analysoitu tässä tutkimuksessa. Kaikki nämä kellarit ovat kuuluneet samaan rakennuskompleksiin keskiajan lopulla. Kellari K93:3 edustaa rakennuksen vanhempaa osaa ja on ajoitettu 1390-luvulle (Uotila 2007: 22; 2009: 44). Myös tätä kellaria on käytetty 1900-luvun alkuun saakka osana kylpylärakennusta ja joitakin muutoksia on tehty vuosisatojen kuluessa. Esimerkiksi alkuperäinen mukulakivilattia on myöhemmin peitetty betonilla ja vanha sisäänkäynti korvattu uudella. Lisäksi seinät on suurimmaksi osaksi rapattu. Kellarin koko on noin 12,3 m² ja suurin korkeus on 2,15 m. Luoteisseinä on muurattu pääasiassa kivistä mutta muuten seinät ja holvikatto on tehty pääosin tiilistä. Rakennuskiviä on käytetty seinän alaosissa ja seinän kulmissa (Sartes & Lehtonen 2007: 60–61; Uotila 1995: 30–34). Kellarin kivistä tehtiin kahdeksan analyysiä jotka edustavat neljää eri kivilajia (Kuva 21, Taulukko 2). Rakennuskivien analyysit otettiin kellarin sisältä Kuvassa 20 näkyviltä pitkältä luoteisseinältä ja oviaukon oikeanpuoleiselta koillisseinältä.



Kuva 20. Kellarin K93:3 luoteisseinä ja osa tynnyriholvattua kattoa. Kuva: Markus Kivistö.



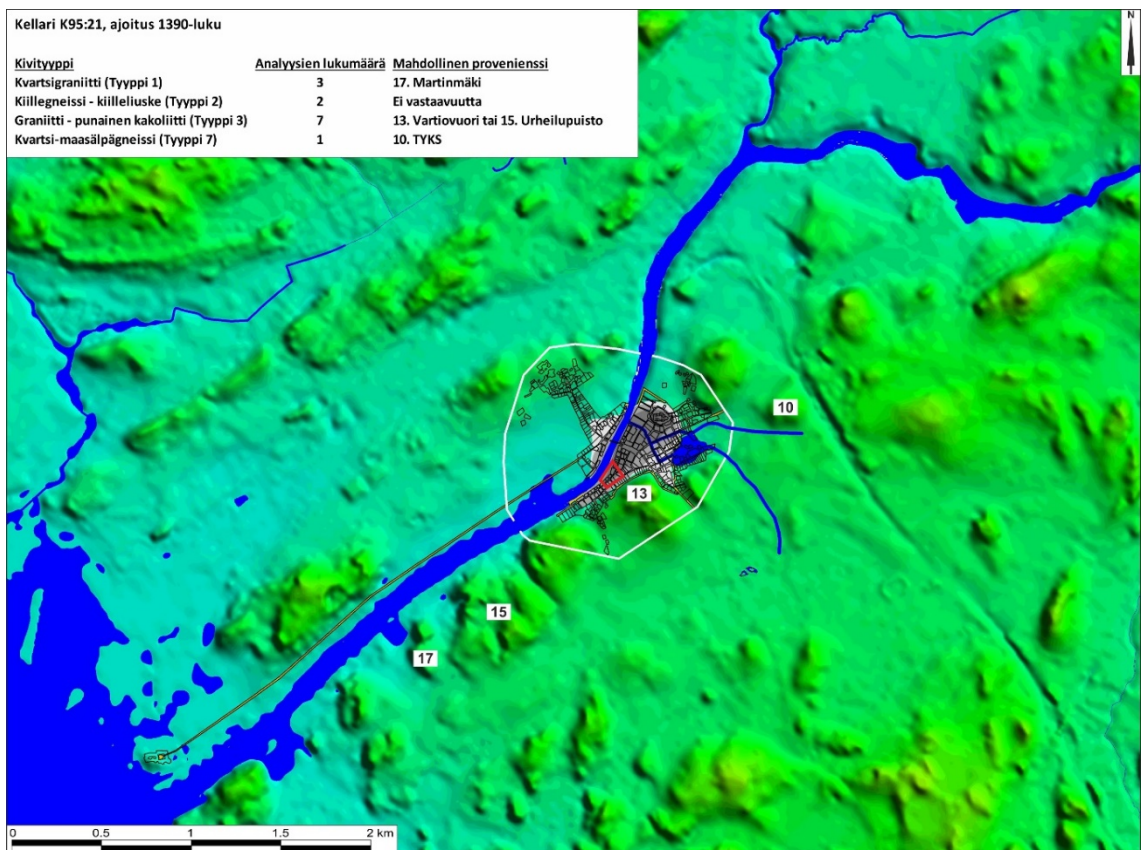
Kuva 21. Kellari K93:3 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Rakentamiseen käytetty punainen kakoliitti on hallitseva kivityyppi. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.7. Kellari K95:21

Kellari K95:21 on edellä mainitun kellarin K93:5 koillispuolella, mutta kellarit kuuluvat todennäköisesti eri rakennuksiin ja edustavat eri rakennusvaiheita (Kuva 22). Kellarin koko on 7,4 m². Kellarin seinät on tehty pääasiassa suurista lohkotuista rakennuskivistä. Myös holvikatto on muurattu kivistä ja kellarin lattia on katettu pienillä mukulakivillä. Kellarin kokoon nähden oviaukon edessä on suuri, kooltaan noin 1 m x 1 m kynnyskivi. Kellari K95:21 kuuluu rakennukseen, joka on ajoitettu 1390-luvulle, mutta sen käyttöhistoria ulottuu 1900-luvun alkuun saakka (Sartes & Lehtonen 2007: 85–86; Uotila 2009: 44). Kellarista analysoitiin 12 rakennuskiveä seiniltä sekä suuri kynnyskivi (Kuva 23, Taulukko 2).



Kuva 22. Kellarin K95:21 tynnyriholvi on tehty kokonaan rakennuskivestä ja tuettu murtumien vuoksi.
Kuva: Markus Kivistö.



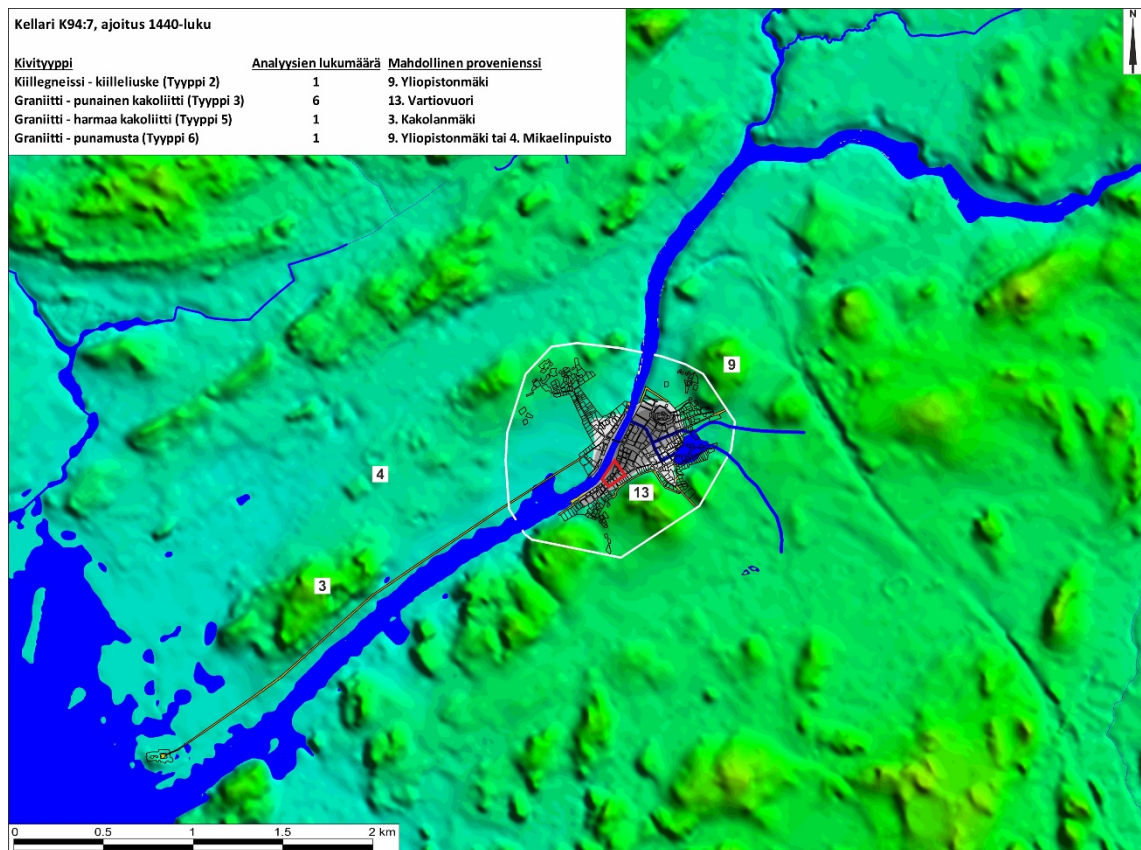
Kuva 23. Kellari K95:21 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Punainen kakoliitti on hallitseva rakennuskivityyppi myös tässä kellarissa. Kiillegneississä on anomaalisen runsaasti titaania, ja se saattaisi olla lähtöisin nykyisen TYKS:in paikkeilta. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.8. Kellari K94:7

Kellari K94:7 sijaitsee Aboa Vetus -museon lounaisimmassa kulmassa lähimpänä Aurajokea. Tämäkin kellari on kuulunut rakennukseen, jota on käytetty osana Auran kylpylaitosta 1900-luvun alkupuolelle asti (Kuva 24). Pitkästä käyttöhistoriasta huolimatta kellari on yksi parhaiten säilyneistä koko museoalueella. Se on myös yksi suurimmista kellareista pinta-alan ollessa noin 55 m². Seinien suurin korkeus on noin neljä metriä. Luoteisseinä on muurattu pääosin kivistä, jotka on myöhemmin rapattu. Muuten rakennuskiviä on käytetty seinien alaosissa, jotka edustavat mahdollisesti kellarin alkuperäistä keskiaikaista rakennusvaihetta. Lattia on peitetty mukulakivillä ja romahtanut holvikatto on ollut tiilistä tehty. Dendrokronologisten ajoitusten mukaan kellari tehtiin 1440-luvulla (Sartes & Lehtonen 2007: 67–71; Uotila 2009: 44). Kaikkien kellarin 94:7 sisäseinien alaosan kivistä tehtiin yhteensä yhdeksän analyysiä, jotka edustavat neljää eri kivityyppiä (Kuva 25, Taulukko 2).



Kuva 24. Kellarin K94:7 länsikulma ja samalla kaikkein läntisin kulma koko Aboa Vetus -museosta. Suuria rakennuskiviä on käytetty seinän alaosassa. Kuva: Markus Kivistö.



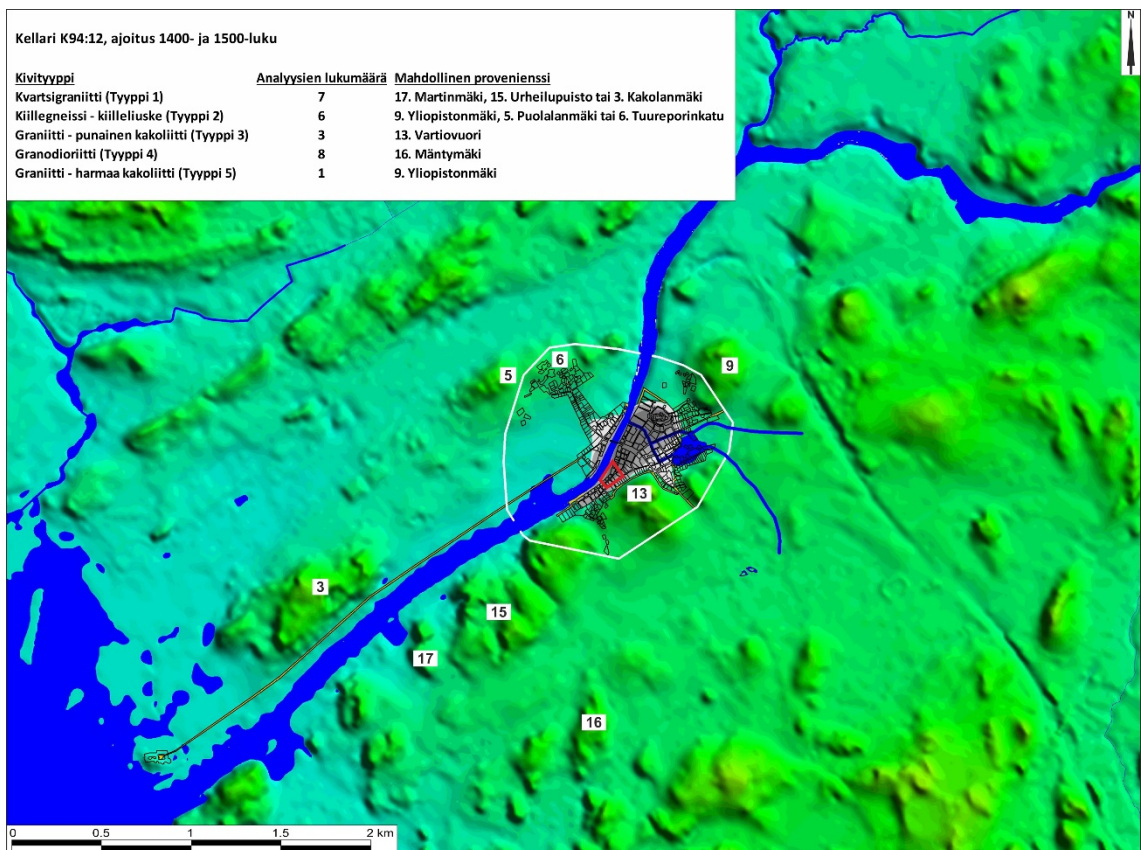
Kuva 25. Kellari K94:7 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Punainen kakoliitti on kellarin hallitseva rakennuskivityyppi. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.9. Kellari K94:12

Kellari K94:12 kuuluu rakennuskokonaisuuteen, joka sijaitsee Aboa Vetus -museossa keskiaikaisen luostarin jokikadun kaakkoispuolella (vrt. Kuva 4). Kellarin koko on noin 14,4 m². Kellarin seinät on muurattu pääasiassa suurista muotoilluista rakennuskivistä (Kuva 26) lukuun ottamatta tiilimuurattua kaakkoisseinän oviaukkoa, joka johtaa viereiseen kellariportaikkoon K94:11. Kellarin K94:12 lattia on tehty erikokoisista mukula- ja irtokivistä. Romahtanut holvikatto on ollut tiilistä muurattu (Sartes & Lehtonen 2007: 82–83). Kellari kuuluu rakennukseen, joka on tehty 1400- tai 1500-luvulla (Uotila 2009: 44). Kivianalyysyjä tehtiin 26 kpl, ja ne edustavat kuutta eri kivityyppiä (Kuva 27, Taulukko 2). Analyysit tehtiin rakennuskivistä, joita oli kaikilla seinillä, sekä kynnyksivistä. Kaikilla rakennuskivillä ei ollut vastaavaa kivityyppiä paljastumanäytteistä, mikä saattaa viitata irtokivien tai tuontikivien käyttöön rakentamisessa. Esimerkiksi toinen museosta löydetyistä kalkkikivistä kellarin K94:12 lattiassa on irtokivi. Rakennuskivien tuontiin viittaa myös kellarissa K94:10 käytetty kivimateriaali.



Kuva 26. Suuria sekä selvästi halkaistuja ja muotoiltuja rakennuskiviä kellarin K94:12 lounaisseinässä. Kuva: Markus Kivistö.



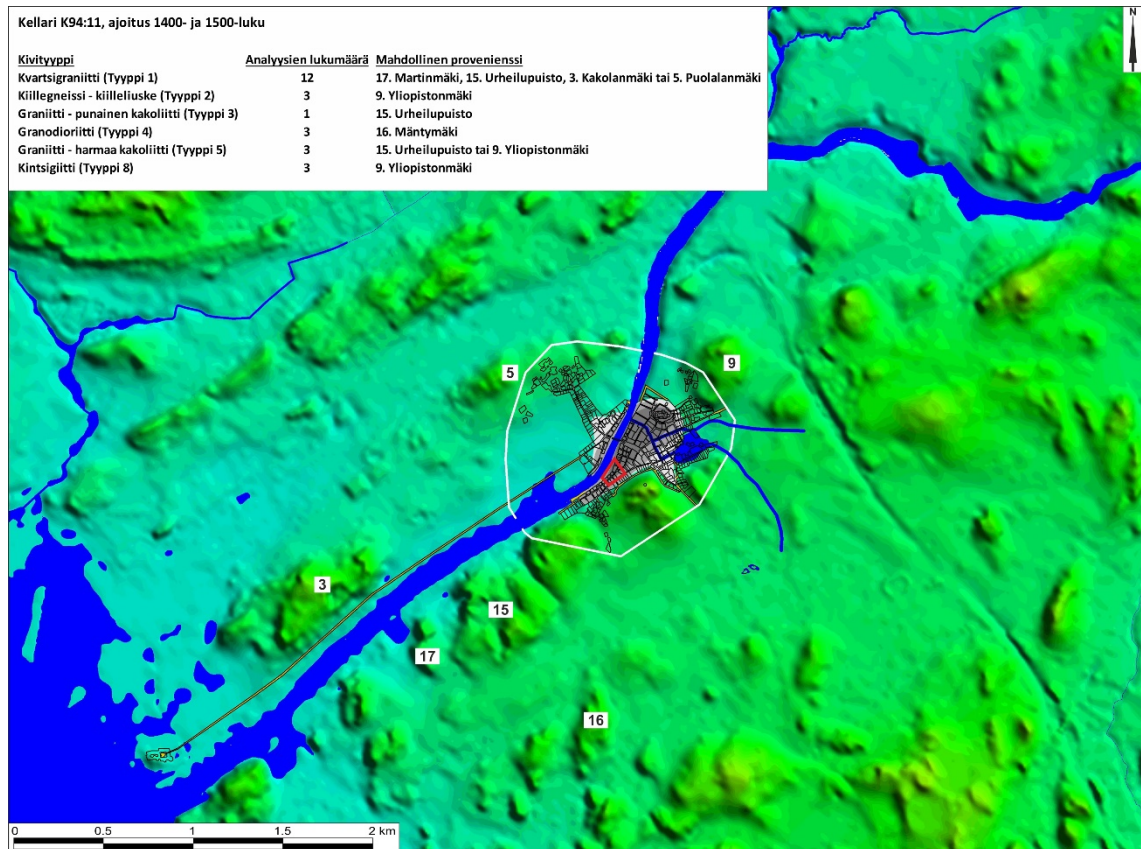
Kuva 27. Kellari K94:12 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Granodioriitti, kvartsigraniitti ja kiillegneissi ovat kellarin vallitsevat rakennuskivityypit. Kiillegneissin lähtöpaikka on todennäköisesti Puolalanmäellä, mikä viittaa ensi kerran selvästi joen toiselta puolelta tuotuihin kiviin. Kintsigiitille ei analyyseiden perusteella löytynyt selvää lähtöpaikkaa, mutta se on mitä todennäköisimmin peräisin Yliopistonmäeltä, kuten viereisen, samaan rakennukseen kuuluvan kellarin 94:11 kintsigiitilohkareet. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.10. Kellari K94:11

Kellari K94:11 on kapea portaikko edellä mainittuun kellariin K94:12 (Kuva 28). Portaikon pituus on noin 5,5 m ja leveys noin 1,5 m. Kivistä rakennettuja portaita on kaiken kaikkiaan kuusi ja portaikon yläosassa on kapea kynnyskivi. Portaikon alapäässä kellareita K94:11 ja K94:12 yhdistävä kynnyskivi on kooltaan 76 cm x 60 cm. Kellarin alaosan koillisseinä on tehty suurista kivistä, joista kookkain muotoiltu kintsigiittilohkare on kooltaan n. 2,2 m x 1,2 m. Seinien yläosissa on käytetty tiiltä. (Sartes & Lehtonen 2007: 80–81). Portaikko kuuluu samaan rakennukseen kuin kellari K94:12 ja se on ajoitettu 1400- ja 1500-luvuille. Kellarista K94:12 analyysyjä on 25 kpl, jotka edustavat kuutta kivityyppiä (Kuva 29, Taulukko 2). Analyysyjä tehtiin kaikkien seinien kivistä ja kunkin portaan suurimmasta kivistä.



Kuva 28. Kellari K94:11. Portaat on tehty muotoilluista rakennuskivistä ja johtavat kellariin K94:12 (oviaukko kuvassa vasemmalla). Oikealla puolella kuvaa yksi suurimpia rakennuskivilohkareita Aboa Vetus & Ars Nova -museossa. Kintsigiittilohkareen koko on n. 1,2 m x 2,2 m, leveys tuntematon. Kuva: Markus Kivistö.



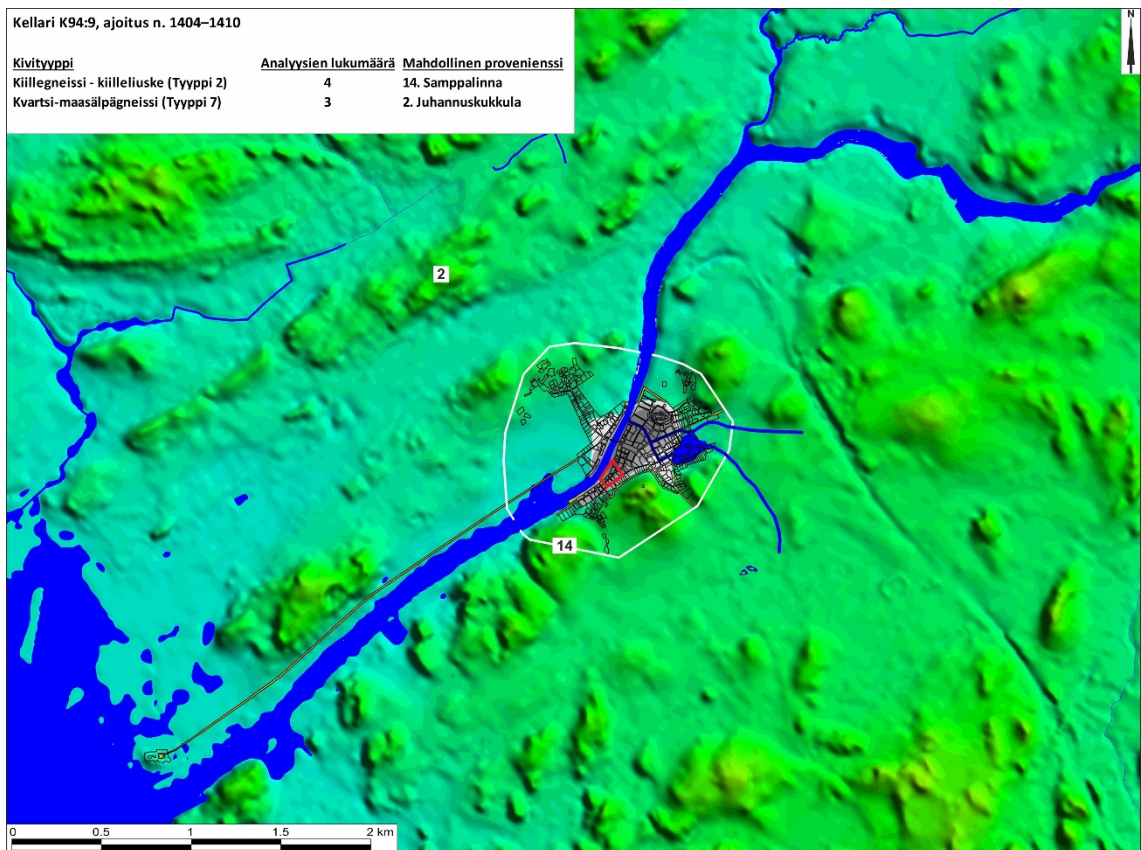
Kuva 29. Kellari K94:11 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Kvartsigraniitti on kellarin vallitseva rakennuskivityyppi. Samanlaista, hyvin spesifiä kiveä kuin kellarin suuressa kintsiigittilohkaessa, löytyy Yliopistonmäeltä. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.11. Kellari K94:9

Kellari K94:9 (Kuva 30) sijaitsee heti edellä esiteltyjen kellarien K94:12 ja K94:11 vieressä niiden koillispuolella. Kellari kuuluu museoalueen suurimpaan rakennukseen, johon liittyvät myös kellarit K94:10 (alla esitelty) ja portaikko K94:8, jota ei käsitelty tässä tutkimuksessa. Rakennuksen kokonaispinta-ala ulkoseiniä pitkin mitattuna on noin 150 m². Kellari K94:9 on kahdesta kellarista suurempi, ja sen pinta-ala on n. 40 m². Kellarit on erotettu toisistaan tiilistä tehdyllä väliseinällä. Muuten seinät ovat pääosin rakennuskiviä. Kellarin lattia on tehty pääosin mukulakivistä, mutta välissä on myös muutamia suurempia kiviä. Rakennus on ajoitettu 1400-luvun alkuun (1404–1410), ja sitä käytettiin aina 1600-luvun puoliväliin saakka. (Uotila 2003: 127; 2007: 22; 2009: 44; Sartes & Lehtonen 2007: 74–75, 199–200; Lehtonen & Aalto 2012: 6, 19–25; Aalto 2016: 8, 21–25) Kellarin sisältä lounaisseinän holvatus komeron takaseinän ja luostarin jokikadun viereisen luoteisseinän kivistä tehtiin yhteensä seitsemän analyysiä, ja ne edustavat kahta kivityyppiä (Kuva 31, Taulukko 2)



Kuva 30. Kellarin K94:9 lounaisseinä. Lähes kaikki kellarin kivimateriaali on kiillegneissia, jota on niin seinissä kuin seinäkomeroiden holvikatoissa. Aboa Vetus & Ars Nova -museon sisääntuloaulassa. Kuva: Markus Kivistö.



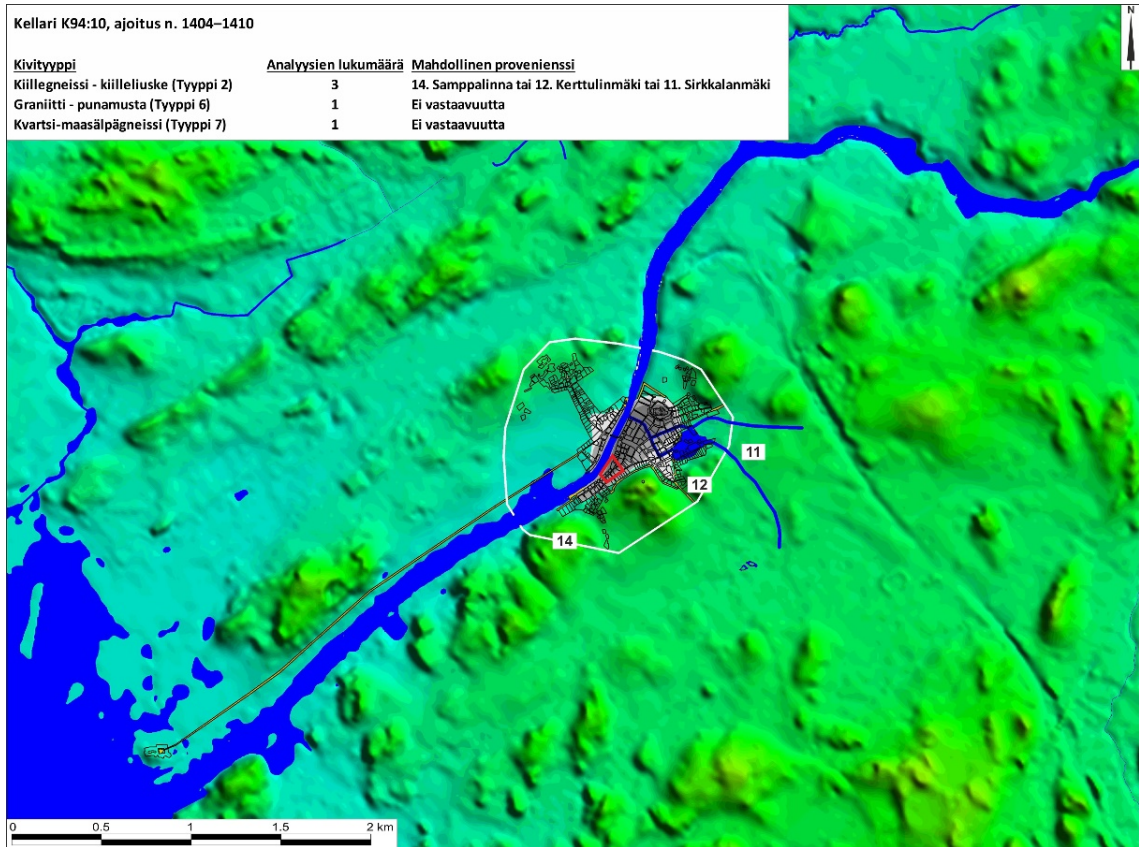
Kuva 31. Kellari K94:9 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Samanlaista runsasvanadiinista kiillegneissia löytyy Samppalinnasta. Kiillegneissi on peräisin samasta paikasta, ja tässä tapauksessa todennäköisesti gneissivälikerroksesta Samppalinnan graniitissa. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

7.12. Kellari K94:10

Kellari K94:10 kuuluu samaan rakennukseen kuin edellä esitelty kellari K94:9 ja portaikko K94:8. Kellarin koko on 33,8 m². Lukuun ottamatta tiilistä valmistettua väliseinää, kellarin seinät on muurattu pääosin rakennuskivistä. Tiiltä on käytetty myös lounaisseinässä ja porrasaukon ympärillä. Kellarin lattia on tehty erikokoisista kivistä samoin kuin (nykyisin jo romahtanut) holvikatto, jota on myöhemmin korjattu tiilillä. Rakennuksen ensimmäisen kerroksen sisäseinät ovat saattaneet myös olla rakennuskivistä tehty. Dendrokronologisten ajoitusten mukaan kellari K94:10 on rakennettu noin vuoden 1410 paikkeilla (Uotila 2003: 127; Sartes & Lehtonen 2007: 75–80; Aalto 2016: 25–27). Johtuen kellarissa olleesta näyttelystä kivianalyysien teon aikaan, kellarin sisäseiniä ei kyetty tutkimaan, ja kaikki viisi rakennuskivianalyysiä ovat ulkoseinästä (Kuva 32). Ulkoseinän kivet vaikuttavat hyvin pyöristyneiltä, eikä osalle löytynyt tyydyttävää vastinetta paljastumanäytteistä. Onkin todennäköistä, että kellarin kolme eri kivityyppiä (Kuva 33, Taulukko 2) edustavat ainakin osittain irtokiviä tai muualta tuotuja kiviä.



Kuva 32. Kellarin K94:10 koillista ulkoseinää. Rakennuskivien muoto on hyvin pyöreä, ja monet suurimmistakin saattavat olla halkaistuja irtokiviä. Kuvan vasemmassa alareunassa sijaitsevan kaivon kivien analyysijä ei sisällytetty tutkimuksen tarkasteluun Kuva: Markus Kivistö.



Kuva 33. Kellari K94:10 rakennuskivien mahdolliset provenienssit. Kiillegneissiset rakennuskivet voidaan jälleen yhdistää Aurajoen itäpuolen mäille, Samppalinnaan, Kerttulinmäkeen ja Sirkkalanmäkeen, mutta todennäköisesti kvartsi-maasälpagneissi ja punamusta graniitti ovat irtokiviä, jolle ei löytynytään lähtöpaikkaa. Kuva sisältää Maanmittauslaitoksen Korkeusmalli 2 m 11/2017 aineistoa.

Yhteenvedona Aboa Vetus & Ars Nova -museossa tutkittujen rakennuskivien määrät kellareittain ja kivityypeittäin on esitetty Taulukossa 2.

Taulukko 2. Taulukossa esitetään rakennuskivien määrä kellareittain, tehtyjen analyysien määrä ja niiden osuus kiven kokonaismäärään nähden sekä rakennuskivien esiintyminen kellareittain kivityypin mukaan.

Numero	Kellari	Ajoitus	Rakennuskivien määrä	Analyysien määrä	% rakennuskivistä analysoitu	Kivityyppi									Kivityyppien lkm kellarissa
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	K92:6	1600–1650 (alemmat rakenteet mahd. keskiaikaisia)	59	14	24	-	3	7	1	-	1	-	2	-	5
2	K92:3	1440-luku	46	14	54	6	3	-	2	-	1	-	-	2	5
3	K92:5	1293–1350 / 1440-luku	55	25	25	11	1	-	-	6	6	1	-	-	5
4	K93:4	1450-luku	8	4	50	1	1	-	-	-	-	-	-	2	3
5	K93:5	1450-luku	51	13	16	4	3	-	2	3	-	1	-	-	5
6	K93:3	1390-luku	23	8	57	1	1	4	2	-	-	-	-	-	4
7	K95:21	1390-luku	32	13	41	3	2	7	-	-	-	1	-	-	4
8	K94:7	1440-luku	63	9	14	1	1	6	-	1	-	-	-	-	4
9	K94:12	1400- ja 1500-luku	38	26	66	7	6	3	8	1	-	-	1	-	6
10	K94:11	1400- ja 1500-luku	33	25	79	12	3	1	3	3	-	-	3	-	6
11	K94:9	n. 1404–1410	20	7	35	-	4	-	-	-	-	3	-	-	2
12	K94:10	n. 1404–1411	35	5	14	-	3	-	-	-	1	1	-	-	3
		Yhteensä	463	163	35	46	31	28	18	14	9	7	6	4	52

8. Yhteenveto

Turun kallioperä on jo lähtökohtaisesti monimutkainen kokonaisuus, joka muotoutui pitkälle svekofennisen orogenian eli vuorenmuodostuksen seurauksena n. 1,85 Ga sitten. Tapahtuma kesti kokonaisuudessaan satoja miljoonia vuosia, ja siihen sisältyi mm. sedimenttikerrostumien tiivistyminen ja muokkautuminen, uuden magman nousu maapallon vaipasta kuoriosaan, nestefluidien liikkuminen, vanhempien kerrostumien sulaminen, migmatisaatio ja metamorfoosi.

Kaikki nämä tapahtumat ovat vaikuttaneet kivien alkuperäistä alkuainekoostumusta sekoittavasti ja pitoisuuksia tasaavasti. Siksi geokemiallisessa perustutkimuksessa käytetty kokokivianalytiikka on riittämätön kivilajien luokitteluun. Analyysimenetelmien kehittyessä pystytään havaitsemaan yhä pienempiä määriä alkuaineita yhä pienemmistä näytteistä ja nykyisin svekofennisen kallioperän geokemia perustuukin pitkälle yksittäisten mineraalirakeiden hyvin harvinaisten alkuaineiden pitoisuuksien vertailuun ja niiden avulla luokitteluun. Käyttämämme pXRF-menetelmä on analyttiseltä kannalta riittämätön svekofennisten kivien luokitteluun, mutta se on rajoituksistaan huolimatta ainoa keino, jolla analytiikkaa arkeologisista kohteista voidaan tehdä paikan päällä analyysinäytteitä rikkomatta. Analyysitulokset olivat lopputulokinnassa suuntaa ja neuvoa antavia, koska varsinkaan kivi- ja maaperäanalyyseissä kvantitatiivisiin analyysituloksiin ei voi monien alkuaineiden kohdalla varauksetta luottaa. Toisinhan on metallien kohdalla, joissa pXRF-menetelmä on jokseenkin hyvin luotettava.

Kun rakennuskivi tuodaan luonnosta kulttuuriympäristöön, kiven luontainen rapautuminen kiihtyy, ja ihmisen toimintaympäristö muuttaa kiven mitattavaa kemiaa, varsinkin kosteissa ja lämpimissä oloissa. Natriumia ja kaliumia tulee suolasta ja suolauksesta. Kalsiumia tulee kalkkikivistä, betonista ja laasteista. Rautaa ja mangaania voi poistua rautapitoisista kivistä niiden rapautuessa tai niitä voi tulla lisää esineiden ja rakennustarvikkeiden ruostuessa. Kuparia, sinkkiä, tinaa ja lyijyä tulee esimerkiksi kuparikatoista, messinkikaiteista, pronssiesineistä ja patsaista sekä lyijylasipuitteista. Elohopeaa ja kadmiumia tulee vanhoista väriainepigmenteistä ja titaania uusista maaleista. Aboa Vetus & Ars Nova -museossa rakennuskivet olivat usein joko ruosteessa tai laastin peittämiä, mikä vaikutti ensin analysoitavien kivien valinnassa näytteenoton aikana ja toiseksi jo otettuja analyysejä karsittaessa. Vertailtaessa museon kiviä luonnonkiviin tai museon yleisiin pitoisuuksien tausta-arvoihin joissain analyyseissä oli monikymmenkertaisia määriä mm. rautaa tai kalsiumia. Siksi niin analyysien

validoinnissa kuin lopullisessa tulkinnassakin on aina tärkeä ottaa huomioon analysoitavien näytteiden konteksti ja siitä mahdollisesti aiheutuva kontaminaatio. Lisäksi on oleellista, että analyysyjä tehdään riittävä määrä ensinnäkin tausta-arvojen selvittämiseksi ja toiseksi, jotta aineistoa jää riittävästi.

Kiven alkuainekoostumus ei ole koko kivessä tasainen, vaan alkuaineet ovat yhdisteinä mineraalirakeissa, joista kivi koostuu. Siksi yksittäinen pXRF-analyysi ei välttämättä edusta koko kiven kemialla. Esimerkiksi karkeaa graniittia, jossa on paljon kvartssia, on erittäin vaikea analysoida luotettavasti. Kun kallioperän kokokivigeokemialla analysoidaan laboratoriossa, kiviläyte tavallisesti homogenisoidaan; sulatetaan, liuotetaan happoihin tai jauhetaan parhaiden tulosten saavuttamiseksi. Käytettäessä pXRF-laitetta raekoko-ongelmaa voidaan kompensoida ottamalla samasta näytteestä kaksi tai useampia analyysyjä ja laskemalla niistä keskiarvo.

Sekä pXRF-laitteen kalibroinnilla että analyysiohjelman valinnalla on huomattava vaikutus analyysituloksiin. Tässä tutkimuksessa käytettiin Mining plus -ohjelmaa ja kalibrointi on fundamentaalinen eli analyysissä yksittäisen alkuaineen saamat osumat suhteutetaan kokonaisosumien määrään. Esimerkiksi jos laite laskee analyysissä 500 000 osumaa ja näistä 100 000 osumaa on alkuainetta X, niin alkuaineen X pitoisuus näytteessä on 200 000 ppm eli 20 %. (Thomsen 2007; Hall et al. 2013)

Suuri ongelma oli se, että käytössä ollut pXRF-laite ei kyennyt havaitsemaan geologisesti tärkeitä pääalkuaineita oikein tai lainkaan. Esimerkiksi graniiteissa on hyvin paljon kvartssia eli piidioksidia (SiO_2), minkä runsaus teki piianalyysistä käyttökeltvottomia. Kevyitä alkuaineita, kuten magnesiumia ja natriumia laitteella ei pystytty havaitsemaan lainkaan. Fosforin havaitsemisraja on niin korkea (500–700 ppm = 0,05–0,07 %), että useimmat analyysit jäivät alle määrittäysrajan, ja siksi fosfori oli vertailussa myös hyödytön. (Olympus 2011). Lisäksi oli mahdotonta käyttää kalsiumia, koska museonäytteet olivat joka paikassa olevan muuraus- ja rappauslaastin vuoksi pahoin saastuneet. Pääalkuaineista lopulliseen vertailuun jäivät vain kalium, alumiini, rauta, titaani ja mangaani. Hivenalkuaineista niin monet jäivät alle havaitsemisrajan, että lopulta käytössä olivat enää vanadiini, nikkeli, zirkoni, tina, antimoni, lyijy ja kadmium.

Turussa kaikkein yleisin kivilaji on paikallinen mikrokliinigraniitti eli kakoliitti. Aboa Vetus & Ars Nova -museossa kakoliitti-ryhmän graniitit olivat yleisimmin käytetty rakennuskivi. Noin 62 % kaikista kiviläytteistä kuului tähän ryhmään. Yleisimmin käytetty yksittäinen kivityyppi oli kvartsigraniitti, jota oli 28 % tutkituista museon kivistä. Tässä tutkimuksessa jaettiin kakoliittigraniitti värin ja ulkonäön perusteella viiteen tyyppiin; kvartsigraniitti, punainen graniitti, harmaa

graniitti, punamusta graniitti ja erikoinen mustapilkullinen graniitti. Vaikka jako onkin tehty ulkoisten seikkojen perusteella, se on silti todellinen eroavaisuuksien johtuessa graniittien erilaisesta mineralogiasta ja rakenteesta. Siksi kivillä on todellisuudessakin vastineensa niin luonnossa kuin museossa ja provenanssianalyysi on ylipäänsä mahdollinen. On tärkeää huomata ettei tutkimus olisi ollut mahdollinen, jos olisi tarkasteltu vain kivien yhtä tai kahta ominaisuutta kuten pelkää raekokoa.

Kiillegneissia ja kiilleliusketta on yleisesti käytetty Aboa Vetus & Ars Nova -museon kellareiden seinissä sekä ovi- ja ikkuna-aukkojen ympärillä. Yhdessä kintsigiitin ja kvartsi-maasälpagneissin kanssa niiden osuus on 27 % kaikista museon tutkituista kivistä. Kaikkia tämän ryhmän kiviä on helpompi työstää, louhia ja muotoilla kuin kovaa graniittia. Varsinkin liuskeinen gneissi lohkeaa helposti pitkien liuskeisuuspintoja. Turun alueella kallioperän kiillegneissi sijaitsee suuralueellisesti laaksoissa ja painanteissa graniittimäkien välissä. Gneissia peittävät usein kvartäärikerrostumat ja gneissi on useimmiten tavoittamattomissa. Kiillegneissia esiintyy kuitenkin tavallisesti 1–10 m paksuina kerroksina graniittien sisällä, josta niitä on ollut helppo louhia yhdessä graniitin kanssa.

Loput 11 % Aboa Vetus & Ars Nova -museon rakennuskivistä ovat granodioriittia, joka on selvästi muista kivistä erotettavissa. Granodioriittia esiintyy yli puolen kilometrin päässä keskiajan Turun keskustasta etelään, ja sen käyttö museon kellareissa kertoo kivimateriaalia kuljetetun kauempaakin ympäristöstä.

Tämän tutkimuksen mukaan on mahdollista jakaa keskiaikaiset kivenottoalueet Turussa seuraaviin neljään ryhmään:

1. Punaisen graniitin alue. Urheilupuisto, Sappalinna, Vartiovuori ja Kerttulimäki muodostavat lähimmän mahdollisen louhinta-alueen, jossa esiintyy samankaltaista kiveä. Pääkivityyppi tällä alueella on punainen graniitti, jota on jäljistä päätellen louhittu Vartiovuorelta myös paljon myöhempänä aikana. Pehmeämpiä kiillegneissikerroksia esiintyy myös yleisesti. Tämän alueen kiviä käytettiin Turussa läpi koko keskiajan.
2. Kakoliittialue. Martinmäki, Vähäheikkilä, Vilkkilänmäki ja Kakolanmäki muodostavat varsinaisen kakoliittigraniittialueen. Kaikkein yleisimmät kivityypit tällä alueella ovat karkeitä kakoliittigraniitteja; kvartsigraniitti, harmaa graniitti ja puna-musta graniitti. Aboa Vetus & Ars Nova -museossa, noin 8 % tutkituista kivistä oli harmaata kakoliittia, jonka pääesiintymisalue on Kakolanmäki, mutta

samaa tyyppiä löytyy myös Martinmäestä, Vähäheikkilästä ja Vilkkilänmäestä. Alueiden harmaa kakoliitti -kivet muistuttavat geokemiallisestikin toisiaan. Kaikesta päätellen joen toisella puolella sijaitsevan Kakolanmäen graniittia ei ole käytetty keskiajalla Turun keskustan rakentamiseen. Turun linnan rakennuskivien provenienssitutkimusta ei ole tehty.

3. Kintsigiittialue. Yliopistonmäki, TYKS ja Kuuvuori, alue jossa graniitti esiintyy satoja metrejä halkaisijaltaan olevina kalliolinseinä tai -pahkuina kiillegneissin sisällä. Pääkivityypit ovat harmaa-, mustapilkkuinen- ja punamusta graniitti, jossa esiintyy usein tummia mafisia mineraaleja. Kiillegneissia, kiilleliusketta ja erityisesti granaattipitoista kintsigiittiä on yleisesti graniitin keskellä ja reunoissa välikerroksina. Migmatiitit, jotka sisältävät graniittia ja kiillegneissia kaikissa mahdollisissa suhteissa, ovat myös yleisiä. Lisäksi esiintyy vähäisiä määriä kvartsi-maasälpagneissia. Kaikkia tämän alueen kiviä käytettiin Turussa läpi koko keskiajan.

4. Granodioriittialue. Granodioriittialue alkaa noin puolen kilometrin päässä etelään Turun keskustasta. Mäntymäki on esim. granodioriittia, mutta yhtään louhosten sijaintia ei tunneta. Tutkituista museon kellareista granodioriittia on käytetty ensimmäisen kerran kellarissa K93:3, joka on ajoitettu 1390-luvulle.

5. Kiillegneissialue. Puolalanmäen ja Tuureporinkadun tumma ja massamainen kiillegneissi otettiin käyttöön nähtävästi 1400-luvun lopulla tai 1500-luvun alussa. Kellarien K94:11 ja K94:12 suuret muotoillut kiillegneissilohkareet saattaisivat olla Puolalanmäen kiillegneissialueelta. Puolalanmäen kiillegneissi poikkeaa graniittien kapeissa välikerroksissa esiintyvistä, usein voimakkaasti liuskeisista ja raitaisista migmatiittisista gneisseistä.

Paikallista kiveä on louhittu ja käytetty rakentamiseen Turussa 1300-luvun loppupuolelta lähtien. Varhaisimmassa vaiheessa on ensisijaisesti käytetty rakennuspaikan (Aboa Vetus & Ars Nova -kellarit) välittömässä läheisyydessä sijaitsevan punaisen graniitin alueen kiviä sekä kiviä Aurajoen itäpuoliselta kakoliittialueelta. 1400-luvun alkupuolella käyttöön otettiin myös Yliopistonmäen ympäristön kintsigiittialue ja lopulta 1400-luvun loppuun mennessä tai 1500-luvun alkupuolella Puolalanmäen kiillegneissialue

ensimmäisenä louhosalueena Aurajoen länsipuolella. Kakolanmäen graniitin louhinnan aloitus on todennäköisesti myöhäisempää perua. Turun linnan vastaava rakennuskivien provenienssitutkimus voisi tuoda lisätietoa tämän väitteen tueksi.

Aboa Vetus & Ars Nova -museon keskiaikaiseksi ajoitetuista kellareista ei löytynyt merkkejä kiven porauksesta, mikä puolestaan kertoisi kivien irrottamisesta tai lohkomisesta kiilaamalla (vrt. luku 2). Ensi merkit kivien halkaisemisesta kiilaamalla ovat tuomiokirkosta 1400-luvun alkupuoliskolta, mutta varsinainen kivien muotoilu tasasivuisiksi rakennuskiveksi (suorakulmainen särmiö) näyttäisi alkavan vasta 1500-luvulla. Rakennuskiviä on keskiajalla Turussa irrotettu kalliosta lekojen, kiilojen ja kankien avulla kiven luonnollisia murtumalinjoja pitkin aloittaen työ kallion ulokkeista ja heikkouskohdista, esim. ohuesta gneissivälikerroksesta graniitissa. Halkeamien tekemiseksi on saatettu käyttää tulta ja nopeaa jäähdytystä, mutta tämäkin menetelmä on niin hidas, että on ollut helpompaa siirtyä toiseen paikkaan jatkamaan työtä. Tarkkasilmäinen kivimies myös oppii nopeasti huomaamaan kivessä esiintyvän ja päällisin puolin vaikeasti havaittavan mikrorakoilun ja lustasuunnat, joiden avulla työtä voi jatkaa lähes paikassa kuin paikassa. Tämän perusteella *louhos* (quarry) -sanankäyttö antaa helposti anakronistisen mielikuvan kallioseinistä, joissa on suorakulmaisia aukkoja, joista kivet on siististi lohkottu. Niinpä termi *kivenottoalue* on tässä yhteydessä käyttökelpoisempi. Varsinaisia keskiaikaisia kivilouhoksia ei tätä kirjoittaessa tunneta, ja Turun kalliomäkiä tulisi käydä uusin silmin läpi keskiaikaisia kivenottoaikoja etsiessä.

Kivenottoaikojen alueellisuutta pohdittaessa on hyvä pitää mielessä fyysisesti näkymättömät rajat, kuten maanomistussuhteet. Kaupungissa rakennuksille on määritelty oma alue, tontti, mutta ovatko rakentamiselle ja maanviljelykselle kelpaamattomat kalliomäet olleet yhteismaata, jossa kivenotto on kaikille sallittu? Vai ovatko ne kuuluneet paikallisiin tiloihin, jolloin niitä on voitu käyttää pieneläinten (esim. lampaat, vuohet) laidunmaana ja tarvittaessa kivenottoon? Todennäköisesti viljelysmaan maanjako on Turun seudulla muotoutunut ja tehty jo rautakaudella. Rajoista on pidetty aina huolta. Kivialueiden esiintyminen herättää joka tapauksessa ajatuksen siitä, että alueet ovat kuuluneet eri maanomistajille, jotka ovat lähteneet mukaan kivenlouhintaan yksi toisensa jälkeen rakennuskivien kysynnän kasvaessa kaupungissa. Koska louhintatyö on hyvin hidasta, rakentaja on voinut tilata kiviä useilta tilallisilta saadakseen talonsa nopeammin valmiiksi. Tämä selittäisi rakennuskivien laadun ja tyyppien monimuotoisuuden tutkituissa Aboa Vetus & Ars Nova -museon kellareissa.

Kaiken kaikkiaan rakennuskivien määrä Aboa Vetus & Ars Nova -museon kellareissa oli yllättävän alhainen, ja monin paikoin rakentamisessa oli myös yleisesti käytetty tiiltä. Yleensä vain alin osa kellareiden seinistä on muurattu rakennuskivistä. Tutkimuksessa voitiin osoittaa, että kaikissa kellareissa käytettiin useita kivityyppejä. Se taas kertoo siitä, että kivet on hankittu eri puolilta Turkuu. Paikalliset kivet ovat kovia, vaikeita louhia ja työstää. Siksi kaikki kivet, louhitut ja irtokivet, ovat kelvanneet rakentamiseen. Sen jälkeen kun kivrakentaminen toden teolla alkoi, kivenottoalueita otettiin koko keskiajan lisää käyttöön, mikä kertoo myös materiaalin tarpeen ja kivrakentamisen lisääntymisestä. Näyttää myös siltä, että kalliosta irrottamisen jälkeen kivien jatkotyöstöä ja viimeistelyä ei juurikaan tehty.

On hyvin todennäköistä, että irtokiviä kerättiin systemaattisesti aina kun mahdollista. Esimerkiksi esihistoriallisista kiviroykkiöistä tällä alueella olisi saanut rakennuskiviä keskiaikaisiin kivitaloihin. On mahdotonta tietää, onko Turun keskustan kukkuloilla ollut roykkiöitä, mutta ainakin ne sieltä puuttuvat toisin kuin lähiseudulta. Arvokasta kiviainesta on myös varmasti kierrätetty.

Tämä tutkimus sopii myös ajoituksen osalta Knut Draken (2003c) ja Markus Hiekkasen (2007: 191) ajatuksiin siitä, että Turun tuomiokirkon muuttaminen kivistä kirkoksi olisi alkanut vasta 1300-luvun loppupuolella tai 1400-luvun alussa, jolloin kivrakennustekniikka Turussa olisi vasta saavuttanut tehtävän vaatiman tason.

9. Lopuksi

Tässä tutkimuksessa testattiin pXRF-laitteen käytettävyyttä yksityiskohtaisen rakennuskivien kivilajitypologian luomiseksi arkeologisessa kontekstissa. Menetelmä antoi riittävän hyväksyttävii tuloksia tukemaan kokonaisvaltaista kivimateriaalin alkuperän selvitystä, kun laitteen, tutkittavan materiaalin, menetelmän ja näytteenoton rajoitukset oli otettu huomioon. Alussa esitetty hypoteesi paikallisen kivimateriaalin käytöstä osoittautui oikeaksi. Menetelmän avulla kyettiin saamaan riittävän selkeä kuva kivrakennusmateriaalien hankintapaikoista keskiajan Turussa, joskin tutkimustulosten tarkentaminen Turun tuomiokirkon ja linnan rakennuskivien provinienssianalyysillä olisi paikallaan. Sen sijaan konkreettisia todisteita keskiaikaisesta kivenlouhinnasta tai louhoksista Turussa ei löydetty.

Kiitokset

Kiitän Liisa Seppästä ohjauksesta ja erinomaisen kiinnostavasta tutkimusaiheesta sekä Jussi-Pekka Taavitsaista ohjaustyöstä ja pitkämielisyydestä gradun venynyttä valmistumista kohtaan. Kiitokset myös Kari Kinnuselle kannustavista ja rakentavista kommentteista sekä Markus Hiekkaselle lähdevinkistä. Kiitokset ystävälliselle ja avuliaalle Aboa Vetus -museon väelle, etenkin Janna Jokelalle, jolle on käynyt kaikki, mitä olen tutkimusta varten pyytänyt ja kysynyt. Markus Kivistölle esitän suurkiitokset kellarien valokuvaamisesta museossa. Kiitokset myös Janne Harjulalle, Visa Immoselle, Tanja Ratilaiselle ja Ilari Aallolle sekä teille muille, joita olen kysymyksilläni vaivannut.

Lähteet ja kirjallisuus

Julkaistut alkuperäislähteet

FMU = *Finlands medeltids urkunder* I–VIII. Reinhold Hausen (toim.) 1910–1935. Helsinki, Suomen valtionarkisto.

REA = *Registrum ecclesiae Aboensis eller Åbo domkyrkas svartbok med tillägg ur Skoklosters codex Aboensis*. Reinhold Hausen (toim.) 1890. Helsinki, Suomen valtionarkisto.

Painamaton kirjallisuus

AALTO, I. 2016. *Kivitalon kuusi vuosisataa. Aboa Vetus & Ars Nova -museon suuren kivitalon rakennusarkeologinen tutkimus*. Pro gradu -tutkielma, Arkeologia, Historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos, Turun yliopisto.

GARDBERG, C. J. 1971. Turun kaupungin historia 1100-luvun puolivälistä vuoteen 1366. Teoksessa: Ella Kivikoski & Carl Jacob Gardberg (toim.) *Turun kaupungin historia kivikaudesta vuoteen 1366*: 115–324. Turku.

KINNUNEN, J.-P. 2015. Turun Katedralskolanin hiekkakivinen porraskivi. Tutkimusraportti 30.7.2015. Liite kaivauskertomuksessa (ei julk.).

Kyppi, Kulttuuriympäristöportaali. Saatavilla: www.kyppi.fi (Haettu 2.1.2018).

LEHTONEN, H. & I. AALTO. 2012. *Turku II/1/3, Rettigin tontti/Aboa Vetus -museon alue, Kaupunkiarkeologinen kaivaus 2012*. Aboa Vetus & Ars Nova.

LEHTONEN, H. & I. AALTO. 2013. *Turku II/1/3, Rettigin tontti/Aboa Vetus -museon alue, Kaupunkiarkeologinen kaivaus 2013*. Aboa Vetus & Ars Nova.

LEHTONEN, H. & I. AALTO. 2015. *Turku II/1/3, Rettigin tontti/Aboa Vetus -museon alue, Kaupunkiarkeologinen kaivaus 2015*. Aboa Vetus & Ars Nova.

LEHTONEN, H. & K. KRAPPALA. 2014. *Turku II/1/3, Rettigin tontti/Aboa Vetus -museon alue, Konsulinnan arkeologinen koetutkimus*. Aboa Vetus & Ars Nova.

Olympus 2016. Saatavilla: <http://www.olympus-ims.com/en/webinars/xrf-for-regulaton/> (Haettu 11.2.2017.)

RATILAINEN, T. 2013. *Parainen, Älönsaari. Älönsaaren osayleiskaava-alueen inventointi 10.10.–4.12.2013*. Inventointiraportti. Turku, Turun museokeskus.

SALORANTA, E. & L. SEPPÄNEN. 2002. *Turku II/3/4 - 5a, 5b. Rettiginrinne / Hämeenkatu 24–26. Kaupunkiarkeologinen kaivaus*. Julkaisematon tutkimusraportti. Turun museokeskuksen arkisto.

SARTES, M. & H. LEHTONEN. 2007. *Turku II/2/3. Rettigin tontti / nykyinen Aboa Vetus -museon alue. Kaupunkiarkeologinen kaivaus 24.1.1994–3.4.1995*. Tutkimusraportti. Saatavilla: <http://www.kyppi.fi> (Haettu 1.12.2017).

SEPPÄNEN, L. 2012. *Rakentaminen ja kaupunkitilan muutokset keskiajan Turussa. Erityistarkastelussa Åbo Akademin päärakennuksen tontin arkeologinen aineisto*. Turun yliopisto, Historian, kulttuurin ja taiteiden tutkimuksen laitos. UTUPub. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-29-5231-1> (Haettu 8.12.2017).

TENOVUO, N. 2015. *Kannettavan XRF-laitteen käyttö kallioperänäytteiden analysoinnissa*. LuK-tutkielma, Maantieteen ja geologian laitos, Geologian osasto. Turun yliopisto.

Tiilen historiaa Suomessa. Saatavilla: <http://www.nba.fi/tiili/sanasto/kalkki.htm> (Haettu 18.12.2017).

UOTILA, K. 1995. *Aboa Vetus -museon alueen kivirakennukset*. Museovirasto. Saatavilla: <https://www.kyppi.fi> (Haettu 1.12.2017).

- UOTILA, K. 2008. *Aboa Vetus–Museo 2008. Arkeologiset tutkimukset, Kellari 94:14 (alueet 8 ja 10) ja Kellari 95:23 (alue 9)*. Muuritutkimus ky.
- UOTILA, K. & J. JOKELA. 2007. *Turku, Itäinen Rantakatu 4–6, Aboa Vetus -museon arkeologiset tutkimukset vuonna 2007. Kellari 94:14/Alue 8*. Muuritutkimus ky & Aboa Vetus -museo.
- UOTILA, K. & J. JOKELA. 2009. *Turku, kaupunginosa II, kortteli 1, tontti 3, Aboa Vetus –museo. Kaupunkiarkeologiset koetutkimukset*. Muuritutkimus ky & Aboa Vetus -museo.
- UOTILA, K. & M. KORHONEN. 2010. *Turku, Aboa Vetus -museo. Arkeologiset kaivaukset v. 2010. Alue II*. Muuritutkimus ky & Aboa Vetus -museo.
- UOTILA, K. & M. LEMPIÄINEN. 2006. *Turku, Aboa Vetus–Museo, Kellareiden 94:12 ja 93:5 kaupunkiarkeologinen koekaivaus sekä kellarin 94:9 dokumentointia 25.5.–20.10.2006*. Muuritutkimus ky & Matti Koivurinnan säätiö / Aboa Vetus -museo.
- UOTILA, K. & E. SAARI. 2005. *Turku, Aboa Vetus–Museo, Arkeologiset koetutkimukset 12.1.–5.8.2005*. Muuritutkimus Ky.
- Yleiskartta kellareista 08a 1:100. Aboa Vetus & Ars Nova -museon arkisto.

Tutkimuskirjallisuus

- ANDERSSON, T. 2002. Huggen sten använd i svenska byggnader och konstruktioner, teoksessa Karin Andersson & Agneta Hildebrand (toim.) *Byggnadarkeologisk undersökning – Det murade huset*: 48–51. 2.p. Stockholm, Riksantikvarieämbetet.
- ANDERSSON, K. & A. HILDEBRAND. 2002. *Byggnadarkeologisk undersökning – Det murade huset*. 2.p. Stockholm, Riksantikvarieämbetet.
- APPELGREN, H. 1891. *Suomen muinaislinnat*. Suomen muinaismuistoyhdistyksen aikakauskirjat XII. Helsinki, Suomen muinaismuistoyhdistys.
- ASP, G. E. 1903. *Huonerakenteiden-oppi, Kivirakenteita*. Turku.
- BINDING, G. 2001. *Medieval Building Techniques*. Tempus.
- BLAGG, T. F. C. 1990. Building stone in roman Britain, teoksessa David Parsons (toim.) *Stone – Quarrying and Building in England AD 43-1525*: 33–50. Chichester, Phillimore & Co.
- BORGEHAMMAR, S. 2017. Nordens äldsta bevarade byggnad? – Dalby kyrkas värde mellan historia och framtid, teoksessa Jan von Bonsdorff, Ingmar Brohed & Anders Jarlert (toim.) *Kyrkobyggnad och kyrkorum : forskningsfrågor*: 9–36. Stockholm, Kungl. Vitterhets historie och antikvitets akademien.
- CRAMB, I. 2006. *The Art of the Stonemason*. Chambersburg, Pennsylvania, Alan C. Hood.
- DAVEY, N. 1961. *A History of Building Materials*. London, Camelot Press Ltd.
- DIX, B. 1982. The manufacture of lime and its uses in the western Roman provinces. *Oxford Journal of Archaeology* 1(3):331–345. Oxford.
- DRAKE, K. 1987. Keskiäikainen rakennustekniikka ja -materiaalit, teoksessa Salme Sarajas-Korte (toim.) *ARS, Suomen taide 1*: 81. Helsinki, Weilin & Göös.
- DRAKE, K. 2000. Turun linnan varhainen rakennushistoria, teoksessa Martti Puhakka (toim.) *Turun linna*: 7–20. Turku, Turun maakuntamuseo.
- DRAKE, K. 2003a. Häme castle as a subject of research, teoksessa Terhi Mikkola & Anna-Maria Vilkuna (toim.) *At Home Within the Stone Walls*: 11–14. Archaeologia Medii Aevi Finlandiae VIII. Hämeenlinna, Suomen keskiajan arkeologian seura.
- DRAKE, K. 2003b. Åbo domkyrka – ett fält för fortsatt forskning. *Hikuin* 30: 123–138.
- DRAKE, K. 2003c. Åbo domkyrka och byggnadsarkeologin, teoksessa Liisa Seppänen (toim.) *Kaupunkia pintaa syvemmältä. Arkeologisia näkökulmia Turun historiaan*: 135–152. Archaeologica Medii Aevi

- Finlandiae IX. Turku, TS-Yhtymä ja Suomen keskiajan arkeologian seura – Sällskapet för medeltidsarkeologi i Finland.
- DRAKE, K. 2011. Medeltida stenhuggare i Åbo. *SKAS 1*:16–18. Turku, Suomen keskiajan arkeologian seura, Turun yliopisto.
- EKROLL, Ø., M. STIGE & J. HAVRAN. 2000. *Kirker i Norge. Bind 1: Middelalder i Stein*. Oslo, ARFO.
- GAITZSCH, W. 1980. *Eiserne römische Werkzeuge*. BAR International Series 78.
- HALL, W. 1936. *Kiviteollisuus – Käyttökelpoiset mineraalit ja kivilajit, niiden louhimis- ja muokkaustavat sekä käytetyt työkalut ja koneet*. Helsinki, Otava.
- HALL, G., A. BUCAR & G. BONHAM-CARTER. 2013. *Quality Control Assessment of Portable XRF-Analysers: Development of Standard Operating Procedures. Performance on Variable Media and Recommended Uses*. Canadian Mining Industry Research Organization (CAMIRO) Exploration Division.
- HELENIUS, E-M., O. EKLUND, M. VÄISÄNEN & P. HÖLTTÄ. 2004. Petrogenesis of charnockites in the Turku granulite area. *Institute of Seismology, S-45*:17–20.
- HENRIKSEN, P. S. & S. HOLST. 2015. First evidence of lime burning in southern Scandinavia: lime kilns found at the royal residence on the west bank of Lake Tissø. *Danish Journal of Archaeology 3(2)*:119–128.
- HIEKKANEN, M. 2007. *Suomen keskiajan kivikirkot*. Helsinki, Suomalaisen kirjallisuuden seura.
- HILL, P. & J. DAVID. 1995. *Practical Stone Masonry*. London, Donhead Publishing Ltd.
- HISLOP, M. 2014. *Medieval Masons*. Shire Archaeology.
- HÄRME, M. 1960. *Suomen geologinen yleiskartta – The General Geological Map of Finland, Lehti – Sheet B1 Turku, Kivilajikartan selitys*. Helsinki, Geologinen tutkimuslaitos.
- Innov-X. 2005. *Instruction Manual, Innov-X Systems, Alpha Series™, X-Ray Fluorescence Spectrometers, August 2005 Version 2.1*.
- JANOUSEK, V., C. M. FARROW & V. ERBAN. 2006. Interpretation of whole-rock geochemical data in igneous geochemistry: introducing Geochemical Data Toolkit (GCDKit). *Journal of Petrology 47*: 1255–1259.
- JOHANSEN, P. & H. VON ZUR MÜHLEN. 1973. *Deutsch und Undeutsch im mittelalterlichen und neuzeitlichen Reval*. Köln, Wien, Ostmitteleuropa in Vergangenheit und Gegenwart, XV. Böhlau Verlag.
- JÖNSSON, K., R. LÖFVENDAHL & B. SUNDNER. 2012. *Natursten i byggnader. Stenen i tiden – från 1000-talet till 1940*. Stockholm, Riksantikvarieämbetet.
- KAILA, P. 1995. Rakennuskiven käytöstä Suomessa, teoksessa Bengt Söderholm & Sakari Mononen (toim.) *Rakennuskivet ja niiden hyödyntäminen. Jatkokoulutusjulkaisu TKK-IGE B19*: 9–32. Espoo, Teknillinen korkeakoulu.
- KARHUNEN, R. 2004. *Suomen geologinen kartta = Geological map of Finland ; 1:100 000. Lehdet - Sheets 1041 ja 1043. Iniön ja Turun kartta-alueiden kallioperä: Kallioperäkartojen selitykset = Explanation to the maps of Pre-Quaternary rocks*. Espoo, Geologian tutkimuskeskus.
- KINGERY, W., VANDIVER, P. & M. PRICKETT. 1988. The Beginnings of Pyrotechnology. 2. Production and use of lime and gypsum plaster in the pre-pottery Neolithic Near East. *Journal of Field Archaeology 15(2)*:219–244.
- KINNUNEN, J.-P. vertaisarvioinnissa. *Turun rannansiirtymisen uudelleenarviointi ja vertailu arkeologisten kaupunkikaivausten dendrokronologiseen ajoitusaineistoon*. Turun museokeskus raportteja 23. Turku, Turun museokeskus.
- KINNUNEN, J.-P. & L. SEPPÄNEN. vertaisarvioinnissa. *Archaeomineralogy, bedrock surveys, and geochemical analysis – Tracing the provenance of the medieval building stones*. Monographs of the Archaeological Society of Finland. Suomen arkeologian seura.
- KOHONEN, J. & O.T. RÄMÖ. 2005. Sedimentary rocks, diabases and late cratonic evolution, teoksessa Martti Lehtinen, Pekka A. Nurmi & O. Tapani Rämö (toim.) *Precambrian Geology of Finland, Key to the*

- Evolution of the Fennoscandian Shield: 563–603. Developments in Precambrian Geology 14.* Amsterdam, Elsevier.
- KOLEHMAINEN, A. & V.A. LAINE. 1981. *Suomalaiset uunit*. Helsinki, Otava.
- KONOW, T. VON. 2009. Laastin rooli raunion restauroinnissa, teoksessa Timo Muhonen & Johanna Lehto-Vahtera, *Ikuinen raunio: 32–39*. Turku, Aboa Vetus & Ars Nova.
- LAINE-YLIJOKI, J., J.-J. SYRJÄ & M. WAHLSTRÖM. 2003. *Röntgenfluoresenssimenetelmät kierrätyspolttoaineiden pikalaadunvalvonnassa*. VTT Tiedotteita 2215. Espoo.
- LE MAITRE, R. W. 2002. *Igneous Rocks – A Classification and Glossary of Terms*. 2.p. Cambridge, Cambridge University Press.
- LIDEN, H.-E. 1974. *Middelalderen bygger i stein: En innføring i steinhuggerog murerhandverket i Norge i middelalderen*. Oslo, Universitetsforlaget.
- LINDBERG, B., C. EHLERS & P. EDÉN. 1994. *Suomen geologinen kartta = Geological map of Finland ; 1:100 000. Lehti - Sheet 1043. Turku: Kallioperäkartta = Map of Pre-Quaternary Rocks*. Espoo, Geologian tutkimuskeskus.
- LÖFVENSKIÖLD, C. E. 1868. *Landtmannabyggnader – hufvudsakligen för mindre jordbruk*. Stockholm.
- MAGNUSSON, N. H., LUNDQVIST, G. & G. REGNÉLL. 1963. *Sveriges geologi*. 4.p. Stockholm, Svenska bokförlaget, Norstedts.
- MAZZULLO, S. & C. TEAL. 1994. Mineralogic and crystallographic evidence of lime processing, Santa-Cruz Maya site (Classic to Postclassic), Ambergris Caye, Belize. *Journal of Archaeological Science* 21(6):785–795
- MOLTKE, E., E. MØLLER, C G. SCHULTZ & K. WEBER-ANDERSEN (toim.) 1944. *Danmarks Kirker III, Københavns Amt, bind 1*. København, Nationalmuseet.
- MORRISS, R.K. 2000. *The Archaeology of Buildings*. Tempus.
- NEVALAINEN, J., M. VÄISÄNEN, Y. LAHAYE, E. HEILIMO & S. FRÖJDÖ. 2014. Svecofennian intra-orogenic gabbroic magmatism: a case study from Turku, southwestern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland* 86 (2): 93–112.
- NIEMINEN, A. W. & A. ESTI. 1931. *Maatalousrakennukset – ohjeita keskikokoisten ja pienien tilojen omistajille*. 4. uud. p. Helsinki, Otava.
- Olympus. 2011. *DELTA R&D Configuration Guide. DELTA Handheld XRF for Research & Discovery*.
- Olympus. 2012. *DELTA Family Handheld XRF Analyzer, User Interface Guide*. International edition 103202-01EN. Revision A.
- ORVISTE, E. 1989. Stenhuggare, teoksessa Bengt Nyström, Arne Biörnstad & Barbro Bursell (toim.) *Hantverk i Sverige. Om bagare, kopparslagare, vagnmakare och 286 andra hantverksyrken: 288–295*. Stockholm, Lts förlag i samarbete med Nordiska museet.
- PARSONS, D. 1990. *Stone – Quarrying and Building in England AD 43-1525*. Chichester, Phillimore & Co.
- PERENS, H. & E. KALA. 2007. *Limestone – A National stone of Estonia*. Tallinn, MTÜ GEOGuide Baltoscandia.
- PIETARILA, P. 1999. Keskiaikaisten kirkkojen julkisivut, teoksessa Marja Terttu Knapas (toim.) *Muistomerkki – rakennetun historian ulottuvuuksia: 28–41*. Helsinki, Museovirasto.
- PURCHASE, W. R., 1904. *Practical Masonry: A Guide to the Art of Stone Cutting*. London, Crosby Lockwood and Son.
- RAPP, G. 2009. *Archaeomineralogy*. 2.p. Natural Science in Archaeology. Berliini, Springer-Verlag.
- ROTHSTEIN, E. E. VON. 1856. *Handledning i allmänna byggnadslärans praktiska del med hufvudsakligt afseende på husbyggnadskonsten samt kostnadsförslagers uppgörande*. Stockholm, J. F. Meyer & Comp.

- SARALA, P., A. TAIVALKOSKI & J. VALKAMA. 2015. Portable XRF: An advanced on-site analysis method in till geochemical exploration. *Special paper 57*: 63–86. Espoo, Geologian tutkimuskeskus.
- SARTES, M. 2003. Rettigin palatsista tuli Aboa Vetus -museo, teoksessa Liisa Seppänen (toim.) *Kaupunkia pintaa syvemmältä. Arkeologisia näkökulmia Turun historiaan*: 77–86. Archaeologica Medii Aevi Finlandiae IX. Turku, TS-Yhtymä ja Suomen keskiajan arkeologian seura – Sällskapet för medeltidsarkeologi i Finland.
- SEDERHOLM, J. J. 1925. The average composition of the earth's crust in Finland. *Bulletin de la Commission Géologique de Finlande 70*. Helsinki, Suomen geologinen komissioni.
- SJÖSTROM, A. 1891. *Maatalous-Rakennuksia*, 1.p. Kuopio.
- SJÖSTROM, A. 1904. *Maatalous-Rakennuksia*, 2.p. Kuopio.
- SVANBERG, J. 1994. *Medeltida byggmästare*. 2.p. Stockholm, Tiden.
- SVANBERG, J. 2013. *Medeltida byggmästare i Norden*. Stockholm, Signum.
- SÖDERHOLM, B. 1995. Kivilajit ja rakennuskivet, teoksessa Bengt Söderholm & Sakari Mononen (toim.) *Rakennuskivet ja niiden hyödyntäminen. Jatkokoulutusjulkaisu TTK-IGE B19*: 45–62. Espoo, Teknillinen korkeakoulu.
- TAAVITSAINEN, J.-P. 1990. Ancient Hillforts of Finland. Problems of Analysis, Chronology and Interpretation with Special Reference to the Hillfort of Kuhmoinen. SMYA 94. Helsinki, Suomen muinaismuistoyhdistys.
- THOMSEN, V. 2007. Basic Fundamental Parameters in X-Ray Fluorescence. *Spectroscopy 22(5)*:46–50.
- UOTILA, K. 2003. Kivitaloja keskiajan Turussa, teoksessa Liisa Seppänen (toim.) *Kaupunkia pintaa syvemmältä. Arkeologisia näkökulmia Turun historiaan*: 121–134. Archaeologica Medii Aevi Finlandiae IX. Turku, TS-Yhtymä ja Suomen keskiajan arkeologian seura – Sällskapet för medeltidsarkeologi i Finland.
- UOTILA, K. 2007. Aboa Vetus -museon kivirakennusten tutkimukset v. 2002–2006. *SKAS (2)*: 18–26.
- UOTILA, K. 2009. Rauniokohde ja sen tutkimus, teoksessa Timo Muhonen & Johanna Lehto-Vahtera, *Ikuinen raunio*: 42–63. Turku, Aboa Vetus & Ars Nova.
- VIVIAN, J. 1978. *Building Stone Walls*. Storey Publishing.
- VÄISÄNEN, M. 2002. *Tectonic evolution of the Palaeoproterozoic Svecofennian orogen in southwestern Finland*. Annales Universitatis Aboensis Ser.AII-154. University of Turku.
- VÄISÄNEN, M. & P. HÖLTTÄ. 1999. Structural and metamorphic evolution of the Turku migmatite complex, southwestern Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland 71 (1)*: 177–218.
- VÄISÄNEN, M., P. HÖLTTÄ, J. RASTAS, A. KORJA & P. HEIKKINEN. 1994. Deformation, metamorphism and the deep structure of the crust in the Turku area, southwestern Finland. *Geological Survey of Finland, Guide 37*: 35–41.
- VÄISÄNEN, M & G. WESTERLUND. 2007. Palaeoproterozoic mafic and intermediate metalvolcanic rocks in the Turku area, SW Finland. *Bulletin of the Geological Society of Finland 79 (2)*: 127–141.
- WARLAND, E. G. 1929. *Modern Practical Masonry*. London, B.T. Batsford.
- ZETTERBERG, P. 2003. Dendrokronologisesti ajoitetut puulöydöt keskiajan tietoarkistona, teoksessa Liisa Seppänen (toim.) *Kaupunkia pintaa syvemmältä. Arkeologisia näkökulmia Turun historiaan*: 383–392. Archaeologica Medii Aevi Finlandiae IX. Turku, TS-Yhtymä ja Suomen keskiajan arkeologian seura – Sällskapet för medeltidsarkeologi i Finland.

Liitteen 3 kaivauskartat

Aboa Vetus & Ars Nova -museon arkisto:

Kaivauskartta 079, Kellari K93:3. Koillisseinä

Kaivauskartta 082, Kellari K93:3. Luoteisseinä

Kaivauskartta 101, Kellari K94:7. Koillisseinä

Kaivauskartta 199, Kellari K94:7. Lounaisseinä

Kaivauskartta 243, Kellari K92:6- Luoteisseinä

Kaivauskartta 244, Kellari K92:6. Koillisseinä

Kaivauskartta 245, Kellari K92:6. Lounaisseinä

Kaivauskartta 246, Kellari K92:6. Kaakkoisseinä

Kaivauskartta 247, Kellari K92:6. Portaiden viereinen koillisseinä

Kaivauskartta 250, Kellari K94:8 ja K94:10. Koillisseinän ulkopinta ja R68 alaosan vaihe II

Kaivauskartta 261+287+289, Kellari K92:5. Luoteisseinä

Kaivauskartta 267, Kellari K94:7. Luoteisseinä

Kaivauskartta 274, Kellari K94:7. Kaakkoisseinä

Kaivauskartta 276, Kellari K95:21. Kaakkoisseinä, lounaisseinä

Kaivauskartta 277, Kellari K95:21. Luoteisseinä, luoteisseinän syvennyksen pielet

Kaivauskartta 278+279, Kellari K95:21. Koillisseinä, koillisseinän ovisyvennyksen pielet

Kaivauskartta 280, Kellari K95:21. Lattiakiveys

Kaivauskartta 286, Kellari K92:5. Koillisseinä

Kaivauskartta 288, Kellari K92:5. Lounaisseinä, lounaisseinän oven pielet

Kaivauskartta 290, Kellari K92:5. Lattiakiveys ja portaat

Kaivauskartta 301+304, Kellari K94:11. Kaakkoisseinä, kaakkoisseinän holvin kanta

Kaivauskartta 302+303, Kellari K94:11. Lounaisseinä, luoteisseinä, luoteisseinän ovisyvennyksen pielet

Kaivauskartta 305+307, Kellari K94:11. Koillisseinän portaat edestäpäin piirrettynä, koillisseinän portaat ylhäältä päin piirrettynä, lattiakiveys

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit.

Id	1	2	3	4	5	6
Käsinäyte	ei ole	ei ole	ei ole	ei ole	ei ole	ei ole
Paikka	Kakola	Kakola	Kakola	Kaup.teatt.	Vartiovuori	Vartiovuori
N-koord	6710255	6710269	6710260	6710498	6710712	6710667
E-koord	238534	238529	238537	239649	240121	240140
Kivilaji	Gran.-harm.	Gran.-harm.	Gran.-harm.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.
Kivityyppi	5	5	5	3	3	3
Si (%)	45,017	43,116	31,260	39,721	39,198	41,617
Ti (%)	0,114	0,083	0,058	0,361	0,103	0,116
Al (%)	7,631	6,533	11,603	4,811	5,912	6,257
Fe (%)	0,207	0,189	3,145	0,233	0,173	0,199
Mn (%)	n.d.	0,010	0,012	0,010	0,010	0,007
Ca (%)	0,383	0,235	0,192	0,641	0,704	0,405
K (%)	7,393	6,515	2,339	4,419	4,727	6,268
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,154	n.d.
V (ppm)	437	448	479	533	342	354
Cr (ppm)	293	380	220	n.d.	420	439
Ni (ppm)	249	203	178	222	209	203
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	21	n.d.	55	22	n.d.	n.d.
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	2074	1780	2983	1651	2020	n.d.
Zr (ppm)	33	35	48	72	205	86
Sn (ppm)	127	127	110	118	119	111
Sb (ppm)	203	195	194	199	203	188
Pb (ppm)	59	52	54	34	55	47
Bi (ppm)	20	23	n.d.	n.d.	24	30
Cd (ppm)	121	135	125	124	120	128
Ag (ppm)	n.d.	93	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	40	n.d.	45	48	n.d.	n.d.

Id	7	8	9	10	11	12
Käsinäyte	ei ole	ei ole	ei ole	ei ole	ei ole	ei ole
Paikka	Vartiovuori	Vartiovuori	Vartiovuori	Vartiovuori	Vartiovuori	Mäntymäki
N-koord	6710650	6710648	6710632	6710641	6710676	6709562
E-koord	240161	240184	240198	240205	240224	239966
Kivilaji	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Granodior.
Kivityyppi	3	3	3	3	3	4
Si (%)	36,987	40,546	45,206	45,097	35,453	44,985
Ti (%)	0,174	0,223	0,156	0,161	0,135	0,221
Al (%)	6,278	4,861	4,926	5,149	4,882	8,720
Fe (%)	0,508	0,644	0,299	0,375	3,034	0,327
Mn (%)	0,014	0,008	0,009	0,006	0,105	0,016
Ca (%)	0,645	0,548	0,522	0,622	0,530	0,596
K (%)	6,491	4,165	4,701	5,549	4,972	8,682
P (%)	0,473	n.d.	n.d.	0,210	0,162	n.d.
V (ppm)	402	586	364	473	231	648
Cr (ppm)	487	311	269	221	213	482
Ni (ppm)	225	129	205	216	213	266
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	42	38	n.d.	21	35	n.d.
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	4090	4406	2023	2523	4983	n.d.
Zr (ppm)	83	123	148	133	126	199
Sn (ppm)	127	115	122	117	94	118
Sb (ppm)	208	192	199	187	152	203
Pb (ppm)	62	157	84	45	66	42
Bi (ppm)	30	n.d.	24	22	25	31
Cd (ppm)	137	122	106	116	98	117
Ag (ppm)	92	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	n.d.	42	n.d.	51	42

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit.

Id	13	14	15	16	19	21
Käsinäyte	ei ole	ei ole	ei ole	ei ole	2015 - 3	2015 - 8
Paikka	Mäntymäki	Mäntymäki	Mäntymäki	Martti	Kakola	Kaup.teatt.
N-koord	6709577	6709465	6709481	6709991	6710256	6710499
E-koord	239949	239963	239971	239050	238515	239651
Kivilaji	Granodior.	Granodior.	Granodior.	Granodior.	Gran.-harm.	Kiillegneissi
Kivityyppi	4	4	4	4	5	2
Si (%)	44,248	50,306	48,323	42,459	44,490	43,506
Ti (%)	0,207	0,109	0,152	0,118	0,074	0,647
Al (%)	8,475	6,652	5,884	7,155	5,819	11,211
Fe (%)	0,710	0,091	0,456	0,141	0,124	8,723
Mn (%)	0,011	0,009	0,011	0,010	0,008	0,164
Ca (%)	0,955	0,114	0,797	0,664	0,395	7,225
K (%)	2,660	6,878	2,132	5,445	6,412	0,742
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	390	581	393	357	316	513
Cr (ppm)	n.d.	230	232	229	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	218	217	264	215	163	346
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	39
Zn (ppm)	29	n.d.	23	n.d.	n.d.	108
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	2969	n.d.	n.d.	n.d.	6785
Zr (ppm)	186	79	157	162	66	113
Sn (ppm)	113	116	133	124	120	120
Sb (ppm)	188	187	205	203	196	189
Pb (ppm)	30	55	16	67	30	29
Bi (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	18	23
Cd (ppm)	125	128	135	115	128	105
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	34	52
Id	22	23	24	25	26	28
Käsinäyte	2015 - 9	2015 - 10	2015 - 11	2015 - 12	2015 - 13	2015 - 15
Paikka	Kerttulinmäki	Kerttulinmäki	Kerttulinmäki	Sirkkalan kas.	Sirkkalan kas.	Oriketo
N-koord	6710822	6710833	6710827	6710874	6710873	6714095
E-koord	240713	240700	240714	240884	240884	241926
Kivilaji	Gran.-mustap.	Granodior.	Kiillegneissi	Kiillegneissi	Gran.-pun.	Kiillegneissi
Kivityyppi	9	4	2	2	3	2
Si (%)	52,911	48,229	39,143	38,401	45,379	23,077
Ti (%)	0,104	0,456	0,583	0,643	0,126	0,876
Al (%)	6,114	6,918	11,949	12,390	7,042	9,921
Fe (%)	0,237	2,596	7,972	7,002	0,292	7,895
Mn (%)	0,010	0,018	0,138	0,068	0,010	0,045
Ca (%)	0,258	1,438	7,992	3,817	0,214	1,920
K (%)	5,999	2,416	0,662	0,967	7,761	3,025
P (%)	n.d.	0,076	n.d.	n.d.	n.d.	0,700
V (ppm)	347	366	422	478	391	554
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	231	215	312	318	198	384
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	211
Zn (ppm)	n.d.	88	105	45	15	103
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	1583	n.d.	7330
Zr (ppm)	31	218	82	127	26	565
Sn (ppm)	120	119	124	107	119	132
Sb (ppm)	195	197	190	172	206	215
Pb (ppm)	35	20	23	28	43	38
Bi (ppm)	n.d.	20	n.d.	24	24	44
Cd (ppm)	123	111	108	97	132	125
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	33	37	41	55	n.d.	n.d.

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit.

Id	29	30	31	32	33	34
Käsinäyte	2015 - 16	2015 - 17	2015 - 18	2015 - 19	2015 - 20	2015 - 21
Paikka	Tuomaansilta	Tuomaansilta	Yo-mäki	Yo-mäki	Yo-mäki	Yo-mäki
N-koord	6711813	6711858	6711416	6711438	6711472	6711486
E-koord	240510	240585	240653	240661	240717	240768
Kivilaji	Gran.-mustap.	Gran.-mustap.	Gran.-harm.	Kiillegneissi	Kintsigiitti	Gran.-pun.mus.
Kivityyppi	9	9	5	2	8	6
Si (%)	46,977	41,815	45,997	46,350	42,032	49,296
Ti (%)	0,074	0,049	0,131	0,348	0,817	0,408
Al (%)	6,526	7,452	6,568	8,227	9,603	7,154
Fe (%)	0,238	2,494	0,322	1,862	4,288	1,044
Mn (%)	0,011	0,035	0,012	0,028	0,018	0,014
Ca (%)	0,418	1,394	0,308	2,202	0,703	0,088
K (%)	6,309	5,450	6,999	2,481	3,699	7,283
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	251	210	359	553	408	542
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	220	207	193	216	301	259
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	24	66	23	41	215	69
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	856	n.d.	n.d.	605
Zr (ppm)	52	13	170	394	147	157
Sn (ppm)	121	116	123	117	110	127
Sb (ppm)	204	205	202	191	181	206
Pb (ppm)	35	39	60	22	14	63
Bi (ppm)	22	29	29	41	36	45
Cd (ppm)	132	122	129	117	112	130
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	40	35	33	n.d.	42	33

Id	35	36	37	38	39	40
Käsinäyte	2015 - 22	2015 - 24	2015 - 25	2015 - 26	2015 - 27	2015 - 28
Paikka	Martin kirkko	Urheilupuisto	Urheilupuisto	Urheilupuisto	Urheilupuisto	Urheilupuisto
N-koord	6709980	6710120	6710108	6709985	6710008	6709949
E-koord	239014	239792	239741	239663	239673	239589
Kivilaji	Kvar.gran.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.
Kivityyppi	1	3	3	3	3	3
Si (%)	56,309	50,037	47,760	53,437	57,003	52,076
Ti (%)	0,070	0,498	0,112	0,414	0,140	0,272
Al (%)	4,610	5,744	7,630	6,556	7,579	7,361
Fe (%)	0,433	1,179	0,244	0,786	0,446	0,920
Mn (%)	0,021	0,013	0,011	0,033	0,012	0,011
Ca (%)	0,239	0,168	0,527	0,038	0,380	0,390
K (%)	2,484	5,055	6,459	6,377	4,812	4,753
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	274	358	402	393	423	351
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	225	209	217	249	172	227
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	n.d.	26	16	20	26	36
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	19	156	86	46	123	136
Sn (ppm)	113	115	117	128	80	120
Sb (ppm)	187	188	201	205	137	192
Pb (ppm)	13	34	34	40	31	34
Bi (ppm)	n.d.	31	25	17	43	23
Cd (ppm)	122	120	120	126	84	125
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	36	33	34	33	38

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit.

Id	41	42	43	44	45	46
Käsinäyte	2015 - 29	2015 - 30	2015 - 31	2015 - 32	2015 - 33	2015 - 34
Paikka	Urheilupuisto	Urheilupuisto	Urheilupuisto	Urheilupuisto	Samppalinna	Samppalinna
N-koord	6709850	6709930	6710140	6710266	6710417	6710281
E-koord	239443	239316	239258	239514	239870	239757
Kivilaji	Gran.-pun.	Gran.-harm.	Kvar.gran.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.mus.
Kivityyppi	3	5	1	3	3	6
Si (%)	50,332	49,929	52,820	46,264	50,945	48,980
Ti (%)	0,140	0,266	0,082	0,153	0,197	0,191
Al (%)	7,369	8,389	7,954	7,291	6,522	7,782
Fe (%)	0,960	0,837	0,101	0,291	0,655	0,442
Mn (%)	0,016	0,011	0,013	0,011	0,010	0,009
Ca (%)	0,158	0,655	0,102	0,424	0,308	0,536
K (%)	4,741	6,169	6,023	5,999	4,995	5,590
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	289	497	426	365	326	388
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	263	268	239	199	218	236
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	18	51	n.d.	17	29	34
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	30	240	52	98	185	130
Sn (ppm)	124	123	127	125	117	125
Sb (ppm)	203	203	204	198	199	204
Pb (ppm)	31	33	39	31	33	34
Bi (ppm)	14	24	29	33	32	n.d.
Cd (ppm)	128	131	130	130	129	131
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	41	42	32	35	36	30

Id	47	48	52	53	54	55
Käsinäyte	2016 - 1 - 1	2016 - 1 - 2	2016 - 1 - 6	2016 - 1 - 7	2016 - 1 - 8	2016 - 1 - 9
Paikka	Vesilaitos	Vesilaitos	Nummi	Kuuvuori	Kuuvuori	Virastotalo
N-koord	6712134	6712125	6711619	6711737	6711759	6710325
E-koord	241852	241849	242370	241411	241502	239408
Kivilaji	Kiillegneissi	Gran.-pun.mus.	Kvar.-maas.gn.	Gran.-mustap.	Granodior.	Granodior.
Kivityyppi	2	6	7	9	4	4
Si (%)	41,644	44,104	47,404	53,470	55,072	52,073
Ti (%)	0,844	0,610	0,635	0,058	0,245	0,303
Al (%)	10,106	9,791	9,567	6,593	4,052	7,187
Fe (%)	5,011	3,545	2,324	0,851	0,928	0,807
Mn (%)	0,057	0,037	0,071	0,034	0,011	0,010
Ca (%)	1,771	0,216	7,267	0,665	n.d.	0,782
K (%)	4,207	8,388	0,226	3,491	5,807	4,493
P (%)	0,145	0,040	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	531	434	359	247	393	327
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	294	263	259	228	238	217
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	157	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	97	149	49	n.d.	51	50
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	509	483	218	42	43	207
Sn (ppm)	127	122	120	120	117	123
Sb (ppm)	208	203	188	191	187	200
Pb (ppm)	27	61	20	30	28	34
Bi (ppm)	44	118	24	n.d.	15	21
Cd (ppm)	117	117	112	120	115	130
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	48	48	57	37	n.d.	38

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit.

Id	56	57	58	59	60	62
Käsinäyte	2016 - 1 - 10	2016 - 1 - 11	2016 - 1 - 12	2016 - 1 - 13	2016 - 1 - 14	2016 - 1 - 16
Paikka	Samppalinna	Samppalinna	Samppalinna	Martin kirkko	Martin kirkko	Ilkanrinne
N-koord	6710551	6710552	6710580	6709912	6709792	6709561
E-koord	239674	239696	239863	238943	239001	238652
Kivilaji	Kintsigiitti	Kvar.-maas.gn.	Gran.-pun.	Kvar.gran.	Gran.-pun.mus.	Kvar.gran.
Kivityyppi	8	7	3	1	6	1
Si (%)	29,719	47,344	48,527	52,480	44,352	44,107
Ti (%)	1,846	0,669	0,084	0,236	0,528	n.d.
Al (%)	10,519	8,036	8,448	7,032	6,778	6,685
Fe (%)	12,952	3,821	0,076	0,670	1,690	6,451
Mn (%)	0,089	0,040	0,008	0,011	0,011	0,307
Ca (%)	2,818	1,550	0,163	n.d.	0,732	0,079
K (%)	6,456	2,905	9,935	3,812	3,812	4,531
P (%)	1,635	0,144	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	798	476	300	268	479	279
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	404	291	256	222	201	280
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	368	90	n.d.	35	84	72
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	5720	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	67	300	67	184	411	49
Sn (ppm)	107	129	130	127	122	109
Sb (ppm)	184	207	201	209	187	169
Pb (ppm)	42	24	45	27	27	40
Bi (ppm)	56	30	24	30	20	22
Cd (ppm)	93	129	132	128	126	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	69	36	38	32	31	n.d.

Id	63	64	65	66	67	68
Käsinäyte	2016 - 1 - 17	2016 - 1 - 18	2016 - 1 - 19	2016 - 1 - 20	2016 - 1 - 21	2016 - 1 - 22
Paikka	Vähäheikkilä	Vähäheikkilä	Manilla	WAM	Kalastajankatu	Linnankatu
N-koord	6709330	6709426	6709736	6710303	6709997	6709955
E-koord	238845	238674	238635	239312	237877	238399
Kivilaji	Gran.-pun.mus.	Gran.-pun.mus.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.-maas.gn.	Kvar.-maas.gn.
Kivityyppi	6	6	1	1	7	7
Si (%)	45,399	42,803	48,780	49,400	47,734	48,929
Ti (%)	0,316	0,265	0,106	0,069	0,476	0,476
Al (%)	6,839	8,153	7,994	5,263	9,616	8,520
Fe (%)	1,491	1,294	0,232	0,102	2,667	3,874
Mn (%)	0,014	0,010	0,008	0,008	0,017	0,015
Ca (%)	0,984	0,611	0,378	0,446	1,246	1,951
K (%)	2,979	4,028	6,520	4,893	4,046	2,579
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	345	293	351	308	414	401
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	198	199	208	201	277	244
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	46	38	23	n.d.	115	144
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	6633
Zr (ppm)	228	120	90	51	178	232
Sn (ppm)	124	122	114	115	113	105
Sb (ppm)	198	207	200	196	184	189
Pb (ppm)	21	17	42	31	25	27
Bi (ppm)	n.d.	n.d.	20	n.d.	32	33
Cd (ppm)	132	133	123	124	114	104
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	38	n.d.	32	n.d.	42	52

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit.

Id	69	70	71	72	73	74
Käsinäyte	2016 - 1 - 23	2016 - 1 - 24	2016 - 1 - 25	2016 - 1 - 26	2016 - 1 - 27	2016 - 1 - 28
Paikka	Amiraalistonk.	Kakolanmäki	Kakolanmäki	Kakolanmäki	Mikaelinpuisto	Puolalanmäki
N-koord	6709996	6710294	6710439	6710449	6710853	6711288
E-koord	238214	238107	238652	238441	238787	239300
Kivilaji	Gran.-pun.	Gran.-harm.	Kvar.gran.	Gran.-harm.	Gran.-pun.mus.	Kiillegneissi
Kivityyppi	3	5	1	5	6	2
Si (%)	49,092	47,991	51,087	48,673	46,637	43,473
Ti (%)	0,097	0,076	0,079	0,131	0,099	0,777
Al (%)	7,239	5,588	6,586	8,550	5,380	12,629
Fe (%)	0,296	0,032	0,082	0,254	0,336	6,923
Mn (%)	0,012	0,008	0,009	0,012	0,020	0,057
Ca (%)	1,111	0,679	0,569	0,816	0,837	2,649
K (%)	5,456	5,556	5,585	8,922	6,673	1,632
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,302
V (ppm)	374	320	276	481	288	308
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	226	171	197	244	200	296
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	17	n.d.	182
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	55	57	86	94	58	362
Sn (ppm)	116	123	122	122	131	110
Sb (ppm)	193	202	200	206	205	186
Pb (ppm)	45	32	40	40	32	40
Bi (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	33	16	26
Cd (ppm)	115	133	117	122	133	103
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	28	n.d.	n.d.	28	48

Id	75	76	77	79	81	82
Käsinäyte	2016 - 1 - 29	2016 - 1 - 30	2016 - 1 - 31	2016 - 1 - 33	2016 - 1 - 35	2016 - 1 - 36
Paikka	Puolalanmäki	Puolalanmäki	Köydenpun.k.	Murtomaantie	Suikkila	Suikkila
N-koord	6711270	6711378	6711877	6712194	6712351	6712407
E-koord	239296	239456	239344	240149	236930	236921
Kivilaji	Kvar.gran.	Gran.-mustap.	Kiillegneissi	Gran.-mustap.	Kvar.-maas.gn.	Kvar.-maas.gn.
Kivityyppi	1	9	2	9	7	7
Si (%)	40,183	50,346	37,104	52,936	21,161	42,516
Ti (%)	0,258	0,057	0,475	0,108	0,900	0,505
Al (%)	9,879	6,706	13,989	6,182	7,559	9,808
Fe (%)	1,274	0,191	15,532	0,905	5,653	5,494
Mn (%)	0,023	0,011	0,285	0,014	0,205	0,120
Ca (%)	0,352	1,255	5,413	0,272	13,925	2,523
K (%)	9,854	0,937	0,392	4,780	2,518	1,941
P (%)	n.d.	n.d.	0,085	n.d.	n.d.	0,218
V (ppm)	572	199	369	453	670	236
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	276	191	268	224	349	212
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	22	n.d.	192	54	105	116
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	55	n.d.	57	62	263	339
Sn (ppm)	132	124	105	108	114	107
Sb (ppm)	219	200	162	181	198	177
Pb (ppm)	65	15	42	41	26	23
Bi (ppm)	55	n.d.	32	16	28	21
Cd (ppm)	135	124	78	110	120	100
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	35	34	59	30	36	n.d.

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit.

Id	83	84	87	89	90	91
Käsinäyte	2016 - 1 - 37	2016 - 1 - 38	2016 - 1 - 41	2016 - 1 - 43	2016 - 1 - 44	2016 - 1 - 45
Paikka	Suikkila	Suikkila	Pahaniemi	Iso-Heikkilä	Juh.kukk.	Juh.kukk.
N-koord	6712449	6712322	6711409	6711168	6712030	6712055
E-koord	236907	237072	236090	237469	239222	239226
Kivilaji	Kvar.-maas.gn.	Kvar.gran.	Gran.-pun.mus.	Kintsigiitti	Kvar.-maas.gn.	Kvar.gran.
Kivityyppi	7	1	6	8	7	1
Si (%)	41,253	46,598	52,203	31,562	40,312	45,888
Ti (%)	0,710	0,095	0,231	1,179	0,730	0,090
Al (%)	10,183	6,892	6,598	9,442	7,542	4,913
Fe (%)	3,835	0,235	1,119	8,034	5,329	0,313
Mn (%)	0,111	0,011	0,018	0,120	0,103	0,011
Ca (%)	1,440	0,050	0,503	2,673	1,830	0,188
K (%)	4,495	9,019	6,610	3,689	3,884	6,325
P (%)	0,161	n.d.	n.d.	0,292	0,305	n.d.
V (ppm)	419	399	575	768	637	279
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	237	269	260	386	292	180
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	88	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	99	15	40	145	112	17
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	231	15	262	325	152	147
Sn (ppm)	125	128	123	123	109	120
Sb (ppm)	201	216	195	207	182	201
Pb (ppm)	48	53	48	30	28	23
Bi (ppm)	21	21	40	37	25	n.d.
Cd (ppm)	120	134	126	110	110	122
Ag (ppm)	n.d.	92	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	43	35	31	n.d.	37	n.d.
Id	92	93	95	96	97	98
Käsinäyte	2016 - 2 - 1	2016 - 2 - 2	2016 - 2 - 4	2016 - 2 - 5	2016 - 2 - 6	2016 - 2 - 7
Paikka	Maarian silta	Halistenkoski	YTHS	Vesilinnantie	TYKS	TYKS
N-koord	6713283	6712388	6711420	6711411	6711092	6711186
E-koord	241162	242006	241290	240919	241001	241180
Kivilaji	Kiillegneissi	Gran.-harm.	Granodior.	Gran.-harm.	Gran.-pun.mus.	Kiillegneissi
Kivityyppi	2	5	4	5	6	2
Si (%)	41,417	50,641	50,008	52,961	46,280	28,343
Ti (%)	0,666	0,108	0,280	0,055	0,206	0,597
Al (%)	12,364	6,345	7,838	4,671	7,183	13,570
Fe (%)	6,262	0,214	1,079	0,083	0,547	11,490
Mn (%)	0,077	0,007	0,013	0,009	0,013	0,089
Ca (%)	2,538	0,557	0,673	0,687	0,305	0,591
K (%)	2,440	5,706	6,354	2,610	7,095	4,041
P (%)	0,091	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	508	383	598	254	525	464
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	359	199	246	202	207	293
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	254
Zn (ppm)	82	18	66	15	18	579
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	100059
Zr (ppm)	125	40	414	27	227	182
Sn (ppm)	119	119	119	122	125	99
Sb (ppm)	189	196	193	199	194	168
Pb (ppm)	18	26	50	17	45	59
Bi (ppm)	21	17	93	n.d.	38	58
Cd (ppm)	116	125	124	138	132	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	42	25	34	30	36	n.d.

Liite 1. Turun keskustan seudun kalliopaljastumien pXRF-analyysit.

Id	99	100	101	102	103
Käsinäyte	2016 - 2 - 8	2016 - 2 - 9	2016 - 2 - 10	2016 - 2 - 11	2016 - 2 - 12
Paikka	TYKS	Tuureporinkatu	Tuureporinkatu	CM Kupittaa	Kaupunginsair.
N-koord	6711172	6711510	6711514	6709819	6709912
E-koord	241187	239808	239816	240890	240360
Kivilaji	Kvar.-maas.gn.	Kiillegneissi	Gran.-harm.	Gran.-pun.	Granodior.
Kivityyppi	7	2	5	3	4
Si (%)	38,233	44,283	52,601	50,116	42,770
Ti (%)	0,365	0,524	0,060	0,289	0,582
Al (%)	7,828	8,045	4,447	9,413	10,223
Fe (%)	2,847	3,539	0,055	1,168	2,967
Mn (%)	0,030	0,014	0,008	0,016	0,050
Ca (%)	1,752	1,377	1,112	0,609	1,614
K (%)	2,034	3,268	0,809	4,258	2,838
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	399	558	265	366	478
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	232	267	178	269	280
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	108	101	n.d.	45	84
As (ppm)	32	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	2251	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	235	174	n.d.	170	317
Sn (ppm)	118	119	122	117	125
Sb (ppm)	188	195	206	204	206
Pb (ppm)	35	20	11	30	25
Bi (ppm)	31	27	n.d.	15	20
Cd (ppm)	121	128	129	119	133
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	33	36	31	41	40

N.d. tarkoittaa sitä, että alkuainetta on ollut näytteessä alle XRF-laitteen määrittämissarvon.

Karttakoordinaatit ovat ETRS89-TM35FIN-koordinaatteja.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	1	2	3	4	5	6
Kellari	K92:6	K92:6	K92:6	K92:6	K92:6	K92:6
Kivilaji	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.mus.	Kiillegneissi	Granodior.	Kintsigiitti
Kivityyppi	3	3	6	2	4	8
Si (%)	35,016	45,761	38,566	29,977	47,435	38,075
Ti (%)	0,174	0,164	0,314	0,234	0,162	0,269
Al (%)	5,108	6,480	8,455	9,762	7,351	11,031
Fe (%)	0,811	0,341	2,349	10,440	0,676	4,192
Mn (%)	0,024	0,012	0,027	0,231	0,011	0,047
Ca (%)	3,454	1,113	2,620	2,664	1,325	3,763
K (%)	7,926	5,147	2,878	1,767	4,668	3,125
P (%)	n.d.	n.d.	0,064	0,382	n.d.	0,218
V (ppm)	369	368	442	371	310	464
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	205	190	253	329	231	288
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	255	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	21	19	87	129	24	174
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	2456	n.d.	641	1785	n.d.	5050
Cl (ppm)	84	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	104	110	247	89	79	437
Sn (ppm)	121	121	124	133	118	116
Sb (ppm)	206	193	206	213	199	192
Pb (ppm)	80	35	40	44	25	57
Bi (ppm)	61	29	n.d.	37	n.d.	40
Cd (ppm)	126	127	130	126	120	115
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	34	36	38	n.d.	33	38
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	7	8	9	10	11	12
Kellari	K92:6	K92:6	K92:6	K92:6	K92:6	K92:6
Kivilaji	Kiillegneissi	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Kintsigiitti	Gran.-pun.	Gran.-pun.
Kivityyppi	2	3	3	8	3	3
Si (%)	31,023	49,582	34,357	44,844	41,484	23,278
Ti (%)	0,888	0,177	0,271	0,450	0,113	0,125
Al (%)	12,978	7,282	4,087	6,155	7,119	4,174
Fe (%)	7,667	0,528	1,488	2,469	0,249	3,150
Mn (%)	0,069	0,011	0,028	0,033	0,015	0,086
Ca (%)	3,971	0,663	4,266	2,039	2,484	8,028
K (%)	4,463	5,806	3,029	1,635	5,819	2,577
P (%)	0,515	n.d.	1,887	n.d.	0,512	3,312
V (ppm)	1015	351	421	503	330	234
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	309	236	185	237	219	203
Cu (ppm)	259	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	134	25	73	91	30	128
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	2485	991	3388	3058	2325	5376
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	349	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	158	87	162	290	52	88
Sn (ppm)	113	124	103	124	121	113
Sb (ppm)	190	201	169	203	198	187
Pb (ppm)	41	39	48	37	48	51
Bi (ppm)	39	27	36	29	19	46
Cd (ppm)	105	127	107	129	124	118
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	63	36	36	35	42	35
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	13	14	15	16	17	18
Kellari	K92:6	K92:6	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5
Kivilaji	Gran.-pun.	Kiillegneissi	Gran.-harm.	Gran.-harm.	Gran.-harm.	Gran.-harm.
Kivityyppi	3	2	5	5	5	5
Si (%)	15,515	28,826	35,754	47,011	35,179	49,072
Ti (%)	0,321	1,218	0,323	0,252	0,172	0,075
Al (%)	1,560	8,569	6,685	9,178	3,942	6,198
Fe (%)	3,079	7,499	1,528	0,894	0,691	1,468
Mn (%)	0,025	0,067	0,025	0,015	0,022	0,038
Ca (%)	8,705	3,906	6,448	1,466	6,226	0,811
K (%)	1,639	3,297	2,402	3,266	4,247	5,560
P (%)	n.d.	0,742	0,078	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	253	893	436	402	388	255
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	171	289	257	254	203	229
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	92	141	64	34	42	52
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	87582	2222	10033	2463	6330	4251
Cl (ppm)	608	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	211	460	274	238	113	120
Sn (ppm)	105	118	122	119	124	116
Sb (ppm)	175	190	201	187	195	183
Pb (ppm)	57	47	30	25	43	52
Bi (ppm)	28	42	18	16	33	29
Cd (ppm)	102	97	124	109	124	117
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	44	41	44	34	36	34
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	19	20	21	22	23	24
Kellari	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5
Kivilaji	Gran.-pun.mus.	Gran.-pun.mus.	Gran.-pun.mus.	Gran.-pun.mus.	Gran.-pun.mus.	Gran.-pun.mus.
Kivityyppi	6	6	6	6	6	6
Si (%)	34,268	44,884	39,904	36,511	35,348	41,015
Ti (%)	0,130	0,098	0,105	0,132	0,103	0,193
Al (%)	5,665	5,886	7,609	6,574	7,476	6,587
Fe (%)	0,813	1,285	0,294	0,819	0,433	0,673
Mn (%)	0,017	0,047	0,014	0,016	0,013	0,011
Ca (%)	3,510	2,664	4,235	4,073	2,539	1,697
K (%)	3,835	5,293	7,519	6,397	7,739	5,150
P (%)	0,500	0,326	n.d.	0,121	0,227	n.d.
V (ppm)	352	330	445	348	285	386
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	190	230	223	245	216	226
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	39	23	24	43	46	38
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	3002	4905	9012	18952	13293	8552
Cl (ppm)	n.d.	201	n.d.	n.d.	n.d.	235
Zr (ppm)	90	89	15	16	8	157
Sn (ppm)	123	104	119	130	126	121
Sb (ppm)	205	175	199	210	205	207
Pb (ppm)	29	46	60	72	56	38
Bi (ppm)	23	21	25	24	26	24
Cd (ppm)	135	101	127	140	124	126
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	37	33	40	41	40	38
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	25	26	27	28	29	30
Kellari	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5
Kivilaji	Kvar.gran.	Kiillegneissi	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Gran.-harm.	Gran.-harm.
Kivityyppi	1	2	1	1	5	5
Si (%)	46,057	36,241	44,498	37,074	30,435	48,386
Ti (%)	0,211	0,606	0,163	0,324	0,238	0,269
Al (%)	5,230	10,144	7,244	6,999	5,816	8,636
Fe (%)	1,059	7,026	0,492	1,500	1,240	1,309
Mn (%)	0,017	0,133	0,012	0,020	0,015	0,018
Ca (%)	1,410	6,752	1,162	3,009	7,563	0,872
K (%)	6,270	1,140	4,235	4,785	1,973	5,245
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	413	530	341	492	391	442
Cr (ppm)	n.d.	90	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	226	384	207	237	218	257
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	44	94	25	44	51	43
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	18661	5870	1610	6857	6452	n.d.
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	158	53	140	231	218	208
Sn (ppm)	111	122	120	118	121	118
Sb (ppm)	191	199	195	192	190	188
Pb (ppm)	23	29	35	27	26	26
Bi (ppm)	n.d.	19	20	17	13	20
Cd (ppm)	132	116	110	124	124	121
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	34	45	34	n.d.	37	39
W (ppm)	25	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	31	32	33	34	35	36
Kellari	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5	K92:5
Kivilaji	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.-maas.gn.
Kivityyppi	1	1	1	1	1	7
Si (%)	45,422	47,869	32,522	41,008	39,666	21,577
Ti (%)	0,111	0,192	0,102	0,163	0,114	0,180
Al (%)	9,272	6,740	4,115	6,351	4,925	3,437
Fe (%)	0,384	0,605	0,495	0,686	0,571	1,338
Mn (%)	0,015	0,010	0,015	0,015	0,012	0,024
Ca (%)	0,840	0,991	2,441	2,118	4,794	9,834
K (%)	8,207	5,061	6,564	5,957	4,345	5,443
P (%)	n.d.	n.d.	0,293	0,106	0,092	n.d.
V (ppm)	431	359	430	411	336	409
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	245	223	234	233	213	213
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	25	29	51	54	32	38
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	577	749	4013	5521	1825	3921
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	2916	893	480	161
Zr (ppm)	75	167	49	102	98	186
Sn (ppm)	128	126	122	120	130	122
Sb (ppm)	210	194	195	198	212	195
Pb (ppm)	108	34	50	56	53	23
Bi (ppm)	30	22	29	34	32	24
Cd (ppm)	130	127	127	120	132	125
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	30	31	32	36	29	n.d.
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	37	39	40	41	42	43
Kellari	K92:5	K92:5	K92:5	K92:3	K92:3	K92:3
Kivilaji	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Granodior.	Granodior.	Kvar.gran.
Kivityyppi	1	1	1	4	4	1
Si (%)	39,221	34,572	43,225	43,400	39,799	31,431
Ti (%)	0,100	0,119	0,154	0,212	0,130	0,127
Al (%)	9,390	6,464	5,761	8,139	4,469	2,923
Fe (%)	0,480	0,532	1,574	0,619	0,376	0,242
Mn (%)	0,022	0,020	0,051	0,013	0,025	0,009
Ca (%)	0,899	5,056	2,207	1,066	1,469	0,529
K (%)	9,842	4,552	4,769	6,628	4,686	5,190
P (%)	0,096	0,079	0,459	0,115	0,737	n.d.
V (ppm)	342	336	320	352	330	347
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	212	187	218	195	214	194
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	40	43	35	124	27	17
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	1971	1474	9924	4746
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	8569
Zr (ppm)	63	110	129	158	112	102
Sn (ppm)	124	119	112	125	119	117
Sb (ppm)	206	201	189	203	202	198
Pb (ppm)	52	29	36	43	34	37
Bi (ppm)	37	20	24	36	19	28
Cd (ppm)	136	128	113	133	122	116
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	31	n.d.	34	37	30	30
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	44	45	46	47	48	49
Kellari	K92:3	K92:3	K92:3	K92:3	K92:3	K92:3
Kivilaji	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kiillegneissi	Gran.-pun.mus.	Kvar.gran.
Kivityyppi	1	1	1	2	6	1
Si (%)	41,785	40,390	34,358	10,684	44,817	43,781
Ti (%)	0,267	0,233	0,311	0,090	0,219	0,268
Al (%)	7,342	8,050	5,528	10,783	8,972	7,820
Fe (%)	1,109	0,870	1,822	21,476	0,790	1,902
Mn (%)	0,017	0,025	0,022	0,125	0,014	0,023
Ca (%)	4,174	0,966	1,136	1,652	1,456	1,477
K (%)	2,979	3,439	8,316	0,391	7,845	8,026
P (%)	n.d.	0,220	0,083	0,741	n.d.	n.d.
V (ppm)	399	290	346	297	495	411
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	245	201	169	818	231	257
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	87	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	42	24	69	162	61	67
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	7892	1273	1702	16168	1973	1796
Cl (ppm)	742	n.d.	502	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	243	150	134	32	159	152
Sn (ppm)	117	117	130	97	119	118
Sb (ppm)	190	192	214	182	193	202
Pb (ppm)	25	27	23	95	42	24
Bi (ppm)	18	n.d.	n.d.	48	47	n.d.
Cd (ppm)	118	120	123	n.d.	120	123
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	31	40	n.d.	n.d.	36	34
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	50	51	52	54	55	74
Kellari	K92:3	K92:3	K92:3	K92:3	K92:3	K93:4
Kivilaji	Kvar.gran.	Kiillegneissi	Kiillegneissi	Gran.-mustap.	Gran.-mustap.	Gran.-mustap.
Kivityyppi	1	2	2	9	9	9
Si (%)	36,868	34,587	33,863	28,718	43,355	38,798
Ti (%)	0,105	0,232	0,726	0,121	0,310	0,273
Al (%)	6,975	12,242	7,293	4,082	6,673	6,947
Fe (%)	0,235	2,376	6,088	0,338	1,267	1,055
Mn (%)	0,010	0,025	0,170	0,014	0,015	0,026
Ca (%)	0,969	1,945	3,258	7,660	1,817	6,244
K (%)	10,000	3,824	0,592	4,090	4,801	3,103
P (%)	n.d.	1,395	0,637	0,456	0,064	n.d.
V (ppm)	357	416	443	347	398	486
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	215	276	365	230	234	255
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	n.d.	164	120	33	65	53
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	905	4647	2371	22078	1712	3461
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	1358	716	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	58	236	128	70	166	258
Sn (ppm)	119	120	116	123	119	115
Sb (ppm)	206	197	179	207	200	198
Pb (ppm)	35	58	29	40	37	27
Bi (ppm)	20	31	19	28	38	24
Cd (ppm)	132	118	114	128	124	119
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	35	36	n.d.	35	41	37
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	75	76	77	78	79	80
Kellari	K93:4	K93:4	K93:4	K93:3	K93:3	K93:3
Kivilaji	Kvar.gran.	Kiillegneissi	Gran.-mustap.	Granodior.	Granodior.	Kvar.gran.
Kivityyppi	1	2	9	4	4	1
Si (%)	34,536	23,404	35,260	13,431	26,678	40,991
Ti (%)	0,152	1,335	0,481	0,101	0,256	0,259
Al (%)	5,278	8,612	7,271	1,798	6,461	7,293
Fe (%)	0,697	7,750	3,965	0,410	1,086	0,878
Mn (%)	0,018	0,034	0,030	0,016	0,015	0,011
Ca (%)	6,729	3,464	3,824	15,915	11,976	3,125
K (%)	2,011	3,614	2,887	0,482	2,357	5,463
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
V (ppm)	302	552	407	277	429	420
Cr (ppm)	n.d.	105	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	268	421	262	229	250	213
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	29	369	312	40	57	35
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	4662	20867	3276	6996	4499	3164
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	61	71	n.d.
Zr (ppm)	236	409	112	276	268	209
Sn (ppm)	118	132	110	117	121	119
Sb (ppm)	192	227	185	196	208	199
Pb (ppm)	17	31	28	26	31	43
Bi (ppm)	17	47	37	n.d.	15	46
Cd (ppm)	118	125	121	118	121	123
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	78	47	30	49	38
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	81	82	83	84	85	90
Kellari	K93:3	K93:3	K93:3	K93:3	K93:3	K93:5
Kivilaji	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Kiillegneissi	Kiillegneissi
Kivityyppi	3	3	3	3	2	2
Si (%)	30,525	32,834	10,278	29,055	32,122	37,770
Ti (%)	0,124	0,226	0,185	0,416	0,364	0,227
Al (%)	4,733	4,301	0,980	8,301	7,383	10,287
Fe (%)	0,270	0,173	0,938	2,162	3,368	3,500
Mn (%)	0,010	0,016	0,038	0,025	0,047	0,027
Ca (%)	8,853	7,041	18,105	6,424	6,951	1,969
K (%)	3,967	4,990	0,886	1,956	1,975	11,287
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	0,185	n.d.	n.d.
V (ppm)	397	344	325	277	481	377
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	194	227	186	216	262	261
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	94
Zn (ppm)	53	26	219	96	87	372
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	7660	3159	5421	3020	32161	2277
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	3655	551	522	78
Zr (ppm)	87	112	140	197	148	291
Sn (ppm)	118	123	118	110	126	123
Sb (ppm)	191	217	194	187	194	199
Pb (ppm)	364	44	60	35	35	28
Bi (ppm)	23	38	n.d.	22	29	33
Cd (ppm)	120	130	124	106	119	125
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	33	n.d.	53	40	36
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	37

Id	91	92	93	94	95	96
Kellari	K93:5	K93:5	K93:5	K93:5	K93:5	K93:5
Kivilaji	Gran.-harm.	Kiillegneissi	Granodior.	Kiillegneissi	Gran.-harm.	Gran.-harm.
Kivityyppi	5	2	4	2	5	5
Si (%)	40,633	36,321	43,154	29,923	41,807	25,160
Ti (%)	0,213	0,220	0,236	0,809	0,125	1,153
Al (%)	6,338	6,795	8,161	7,975	8,642	8,684
Fe (%)	0,758	1,245	0,687	6,387	1,708	6,400
Mn (%)	0,012	0,018	0,012	0,072	0,046	0,075
Ca (%)	1,121	4,587	2,000	1,214	2,881	7,906
K (%)	10,728	1,649	3,536	3,754	2,698	1,387
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	0,319	0,802	2,565
V (ppm)	520	380	333	537	406	722
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	209	197	229	260	294	280
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	79	175	51	249	77	279
As (ppm)	n.d.	27	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	10188	4337	2940	5741	10191
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	1704	n.d.	1399
Zr (ppm)	396	183	224	270	168	234
Sn (ppm)	119	114	121	109	120	99
Sb (ppm)	193	187	197	183	207	151
Pb (ppm)	43	21	35	31	36	51
Bi (ppm)	86	19	n.d.	54	n.d.	21
Cd (ppm)	110	119	127	95	134	93
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	38	29	43	47	39	54
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	97	98	99	100	101	102
Kellari	K93:5	K93:5	K93:5	K93:5	K93:5	K93:5
Kivilaji	Granodior.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.-maas.gn.
Kivityyppi	4	1	1	1	1	7
Si (%)	39,959	34,931	35,041	36,315	38,665	43,970
Ti (%)	0,132	0,171	0,280	0,092	0,163	0,218
Al (%)	7,050	4,395	6,542	5,831	6,305	6,455
Fe (%)	0,462	0,748	3,828	1,728	0,658	1,407
Mn (%)	0,015	0,014	0,051	0,033	0,018	0,015
Ca (%)	2,971	3,024	2,752	4,909	3,172	2,451
K (%)	2,737	6,023	4,589	4,528	7,403	6,703
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	0,167	n.d.	n.d.
V (ppm)	261	387	507	275	413	364
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	213	194	223	234	245	227
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	42	46	70	33	27	41
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	5065	2379	2047	2778	n.d.	1616
Cl (ppm)	1550	1377	876	450	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	109	107	133	112	211	143
Sn (ppm)	125	124	90	122	120	117
Sb (ppm)	203	206	150	204	197	199
Pb (ppm)	27	24	57	36	19	40
Bi (ppm)	n.d.	n.d.	38	42	15	29
Cd (ppm)	135	120	n.d.	129	127	124
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	33	32	40	38	n.d.	36
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	103	104	105	106	107	108
Kellari	K95:21	K95:21	K95:21	K95:21	K95:21	K95:21
Kivilaji	Kiillegneissi	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kiillegneissi	Gran.-pun.	Gran.-pun.
Kivityyppi	2	1	1	2	3	3
Si (%)	26,848	45,517	41,379	27,829	39,860	44,928
Ti (%)	1,992	0,172	0,200	1,872	0,094	0,184
Al (%)	6,488	7,423	10,321	4,956	5,076	6,386
Fe (%)	10,811	0,637	2,286	8,674	0,134	0,180
Mn (%)	0,096	0,013	0,054	0,118	0,009	0,012
Ca (%)	4,300	2,410	1,050	7,198	1,105	1,217
K (%)	4,892	4,703	3,019	4,044	5,363	7,186
P (%)	1,065	n.d.	0,067	1,114	n.d.	n.d.
V (ppm)	1692	422	335	2774	311	419
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	789	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	358	230	255	334	171	218
Cu (ppm)	151	n.d.	301	65	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	299	29	285	438	n.d.	45
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	9705	n.d.	n.d.	4139	23407	8665
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	459	137	239	368	80	115
Sn (ppm)	97	118	111	99	116	125
Sb (ppm)	168	191	183	161	196	198
Pb (ppm)	65	39	35	52	33	44
Bi (ppm)	34	25	n.d.	36	17	28
Cd (ppm)	n.d.	122	109	90	129	130
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	39	n.d.	n.d.	34	n.d.
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	109	110	111	112	113	114
Kellari	K95:21	K95:21	K95:21	K95:21	K95:21	K95:21
Kivilaji	Gran.-pun.	Kvar.gran.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.
Kivityyppi	3	1	3	3	3	3
Si (%)	24,685	40,894	43,323	46,850	46,649	28,818
Ti (%)	0,132	0,282	0,214	0,360	0,140	0,183
Al (%)	4,081	8,190	8,033	7,698	6,758	4,475
Fe (%)	0,461	1,159	0,822	1,747	0,153	0,738
Mn (%)	0,033	0,015	0,014	0,035	0,009	0,045
Ca (%)	10,681	1,936	2,718	1,796	0,891	5,934
K (%)	2,666	4,972	3,280	2,775	7,189	2,468
P (%)	0,193	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,496
V (ppm)	383	442	328	368	336	361
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	237	217	248	234	221	226
Cu (ppm)	49	71	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	49	61	37	74	25	129
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	6332	n.d.	n.d.	n.d.	1076	21495
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	759
Zr (ppm)	77	202	215	245	70	222
Sn (ppm)	127	124	117	118	124	113
Sb (ppm)	196	207	193	193	209	184
Pb (ppm)	41	34	33	30	22	54
Bi (ppm)	17	17	17	n.d.	20	19
Cd (ppm)	123	129	120	111	131	117
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	43	42	38	33	35
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Id	115	116	117	120	122	123
Kellari	K95:21	K94:7	K94:7	K94:7	K94:7	K94:7
Kivilaji	Kvar.-maas.gn.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Kiillegneissi	Kvar.gran.	Gran.-harm.
Kivityyppi	7	3	3	2	1	5
Si (%)	40,174	39,036	24,526	24,092	39,766	43,081
Ti (%)	0,266	0,160	0,074	0,473	0,100	0,056
Al (%)	7,912	4,502	2,505	8,091	5,807	4,005
Fe (%)	2,445	0,722	0,233	8,835	0,146	2,218
Mn (%)	0,046	0,020	0,010	0,036	0,009	0,082
Ca (%)	4,047	3,543	7,394	1,167	2,195	1,453
K (%)	1,842	4,605	2,056	3,326	4,844	2,673
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	0,187	n.d.	n.d.
V (ppm)	361	366	259	449	358	291
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	226	201	192	386	218	202
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	94	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	65	40	28	310	20	26
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	11425	1845	99398	36814	34083	16850
Cl (ppm)	523	1499	n.d.	561	79	276
Zr (ppm)	208	180	95	239	81	46
Sn (ppm)	117	111	109	117	124	100
Sb (ppm)	188	181	180	183	196	167
Pb (ppm)	30	56	55	89	36	32
Bi (ppm)	27	34	24	41	20	18
Cd (ppm)	114	119	109	113	128	101
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	40	36	37	42	35	29
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	124	126	127	128	132	133
Kellari	K94:7	K94:7	K94:7	K94:7	K94:11	K94:11
Kivilaji	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Gran.-pun.	Kiillegneissi	Kvar.gran.
Kivityyppi	3	3	3	3	2	1
Si (%)	21,445	32,933	29,189	37,796	31,541	28,197
Ti (%)	0,087	0,126	0,083	0,128	0,805	0,519
Al (%)	2,597	4,957	2,259	4,399	8,591	8,879
Fe (%)	1,359	0,707	0,621	0,381	3,219	6,566
Mn (%)	0,048	0,017	0,021	0,015	0,049	0,096
Ca (%)	2,707	5,664	4,648	6,350	1,788	6,409
K (%)	3,130	4,092	2,431	3,630	7,179	2,363
P (%)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,712	1,071
V (ppm)	298	341	290	336	776	421
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	173	199	195	190	278	299
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	42	42	35	39	114	204
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	67
S (ppm)	n.d.	29838	78137	4626	668	4398
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	99	97	78	122	299	236
Sn (ppm)	115	118	116	120	108	101
Sb (ppm)	192	192	194	198	193	160
Pb (ppm)	37	61	62	35	49	41
Bi (ppm)	21	34	18	18	56	37
Cd (ppm)	116	124	119	128	108	99
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	29	33	n.d.	32	53	56
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	134	135	136	137	138	139
Kellari	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11
Kivilaji	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Gran.-pun.	Kintsigiitti
Kivityyppi	1	1	1	1	3	8
Si (%)	29,137	35,528	34,941	36,760	38,128	29,404
Ti (%)	0,198	0,210	0,326	0,146	0,330	0,683
Al (%)	7,338	7,459	6,931	6,405	7,039	8,971
Fe (%)	1,847	1,294	3,486	0,552	1,167	3,713
Mn (%)	0,102	0,037	0,047	0,041	0,035	0,042
Ca (%)	5,958	2,802	4,304	4,733	3,181	3,192
K (%)	3,298	6,985	4,688	2,158	5,640	2,097
P (%)	4,043	0,634	1,019	0,577	0,319	0,349
V (ppm)	406	422	458	375	411	431
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	261	211	279	230	219	250
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	205	58	107	49	61	114
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	2121	664	4629	4515	739	9070
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	158	637	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	115	257	116	207	178	200
Sn (ppm)	125	117	132	112	117	119
Sb (ppm)	201	193	208	190	196	199
Pb (ppm)	52	37	61	29	24	32
Bi (ppm)	28	n.d.	26	13	22	36
Cd (ppm)	128	116	128	117	115	117
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	36	35	35	44	29	45
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	140	141	142	143	144	145
Kellari	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11
Kivilaji	Kintsigiitti	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Gran.-harm.	Gran.-harm.	Gran.-harm.
Kivityyppi	8	1	1	5	5	5
Si (%)	25,675	42,664	40,919	47,377	39,502	42,774
Ti (%)	0,689	0,105	0,129	0,233	0,233	0,332
Al (%)	9,782	5,807	2,981	7,390	6,520	8,705
Fe (%)	3,973	0,256	0,246	1,367	1,075	1,208
Mn (%)	0,030	0,020	0,019	0,045	0,035	0,028
Ca (%)	6,418	1,001	2,315	1,939	2,855	2,393
K (%)	1,710	9,695	6,706	2,358	2,576	3,322
P (%)	0,202	0,142	0,140	0,122	0,414	0,444
V (ppm)	421	364	387	317	266	371
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	279	218	167	244	214	255
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	174	16	16	40	58	42
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	1554	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	97	n.d.
Zr (ppm)	236	51	113	231	191	252
Sn (ppm)	117	133	116	108	116	118
Sb (ppm)	189	215	200	182	195	189
Pb (ppm)	44	25	42	26	24	26
Bi (ppm)	51	n.d.	31	n.d.	n.d.	15
Cd (ppm)	104	138	120	116	123	120
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	54	29	36	38	40	35
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	146	147	148	149	150	151
Kellari	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11
Kivilaji	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kintsigiitti	Granodior.	Granodior.
Kivityyppi	1	1	1	8	4	4
Si (%)	43,196	40,312	46,100	46,016	46,136	48,330
Ti (%)	0,112	0,315	0,110	0,293	0,203	0,245
Al (%)	8,288	7,498	6,242	5,286	8,961	7,968
Fe (%)	0,990	1,713	0,239	1,458	0,585	0,880
Mn (%)	0,058	0,059	0,014	0,038	0,022	0,017
Ca (%)	0,737	2,819	0,530	5,182	0,877	1,675
K (%)	6,928	5,852	6,550	0,663	3,079	2,121
P (%)	0,239	0,813	0,215	1,063	0,392	0,065
V (ppm)	476	442	309	396	323	379
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	215	248	175	203	257	237
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	17	61	20	45	30	41
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	1640	n.d.	783	n.d.	n.d.
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	101	182	147	178	162	258
Sn (ppm)	111	115	113	114	124	119
Sb (ppm)	183	188	191	184	208	191
Pb (ppm)	33	23	42	14	23	21
Bi (ppm)	16	15	32	24	15	16
Cd (ppm)	110	117	114	114	128	121
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	37	35	32	37	33
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	152	153	154	155	156	158
Kellari	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11	K94:11	K94:12
Kivilaji	Kvar.gran.	Granodior.	Kvar.gran.	Kiillegneissi	Kiillegneissi	Gran.-pun.
Kivityyppi	1	4	1	2	2	3
Si (%)	35,365	43,660	42,609	35,572	36,334	37,753
Ti (%)	0,179	0,305	0,337	0,555	0,308	0,289
Al (%)	9,054	7,089	6,200	7,485	6,396	7,731
Fe (%)	1,253	1,249	1,378	5,748	6,147	0,360
Mn (%)	0,026	0,031	0,016	0,074	0,036	0,024
Ca (%)	0,787	3,752	1,979	4,122	3,821	2,836
K (%)	7,306	2,151	4,950	6,779	1,460	6,061
P (%)	0,224	0,428	0,398	0,934	1,500	0,466
V (ppm)	314	407	314	630	349	459
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	229	242	217	296	296	211
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	46
Zn (ppm)	65	53	63	132	191	26
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	1507	2221	1969	3022	600
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	226	n.d.	266
Zr (ppm)	114	211	153	260	190	194
Sn (ppm)	116	119	118	121	112	125
Sb (ppm)	198	198	197	199	179	208
Pb (ppm)	21	27	39	36	27	56
Bi (ppm)	n.d.	16	35	38	24	35
Cd (ppm)	131	119	112	104	109	117
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	37	32	39	n.d.	n.d.	37
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	159	160	161	162	163	164
Kellari	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12
Kivilaji	Granodior.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kiillegneissi	Kiillegneissi	Granodior.
Kivityyppi	4	1	1	2	2	4
Si (%)	30,961	41,610	27,809	35,390	40,742	44,661
Ti (%)	0,261	0,258	0,102	0,358	0,362	0,155
Al (%)	6,961	8,967	8,413	5,325	8,624	8,406
Fe (%)	1,315	0,791	3,132	2,109	2,271	0,442
Mn (%)	0,042	0,024	0,134	0,047	0,078	0,023
Ca (%)	4,729	2,215	2,220	5,394	4,409	1,200
K (%)	2,784	4,781	7,473	2,835	1,744	6,086
P (%)	0,826	0,502	0,978	0,489	0,715	0,347
V (ppm)	307	399	467	330	347	414
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	185	253	263	212	294	233
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	53	47	152	64	111	43
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	1366	4056	1576	35034	2675	n.d.
Cl (ppm)	187	n.d.	n.d.	125	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	148	116	45	197	151	42
Sn (ppm)	119	124	128	116	117	126
Sb (ppm)	198	209	217	185	198	209
Pb (ppm)	47	71	39	24	28	14
Bi (ppm)	n.d.	27	22	18	31	15
Cd (ppm)	129	122	134	115	107	133
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	41	45	42	44	37	31
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	165	166	167	168	169	170
Kellari	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12
Kivilaji	Kiillegneissi	Granodior.	Granodior.	Granodior.	Kiillegneissi	Kiillegneissi
Kivityyppi	2	4	4	4	2	2
Si (%)	36,657	43,802	44,012	44,080	31,575	34,437
Ti (%)	0,803	0,246	0,337	0,263	0,838	0,419
Al (%)	7,193	7,539	7,928	7,363	11,659	8,337
Fe (%)	6,062	2,247	1,156	1,513	8,447	5,359
Mn (%)	0,047	0,167	0,024	0,096	0,167	0,090
Ca (%)	2,285	1,722	2,381	2,128	6,333	3,904
K (%)	6,261	2,366	3,801	2,239	2,153	2,182
P (%)	0,560	0,261	0,290	0,359	0,661	1,328
V (ppm)	669	380	484	473	755	415
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	312	222	248	200	321	220
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	148	44	47	53	176	140
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	1643	n.d.	1559	2026	10745	626
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	291	251	254	220	208	223
Sn (ppm)	112	109	113	114	111	102
Sb (ppm)	183	184	191	193	198	174
Pb (ppm)	51	25	28	21	69	28
Bi (ppm)	45	17	n.d.	19	26	32
Cd (ppm)	100	104	120	117	113	102
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	49	42	32	36	53	43
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	171	172	173	174	175	176
Kellari	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12
Kivilaji	Kvar.gran.	Gran.-harm.	Granodior.	Kvar.gran.	Kvar.gran.	Kintsigiitti
Kivityyppi	1	5	4	1	1	8
Si (%)	29,513	37,180	42,848	34,827	39,401	41,845
Ti (%)	0,090	0,144	0,143	0,285	0,300	0,134
Al (%)	3,699	4,859	5,059	7,629	5,719	5,783
Fe (%)	0,372	0,279	0,322	1,096	1,711	3,579
Mn (%)	0,053	0,029	0,019	0,032	0,068	0,152
Ca (%)	2,619	3,024	1,747	1,768	2,344	4,237
K (%)	5,679	4,805	1,553	7,790	4,323	2,845
P (%)	0,645	0,582	0,303	0,346	0,803	0,617
V (ppm)	349	394	276	631	315	282
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	157	216	211	211	206	245
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	39	19	18	73	57	63
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	n.d.	n.d.	3787	n.d.	1399	1764
Cl (ppm)	1554	n.d.	n.d.	163	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	35	209	176	159	138	151
Sn (ppm)	131	123	111	115	115	107
Sb (ppm)	217	201	182	190	199	176
Pb (ppm)	45	33	14	13	14	35
Bi (ppm)	18	29	n.d.	n.d.	n.d.	18
Cd (ppm)	129	130	111	118	117	107
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	n.d.	34	n.d.	33	39	31
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

Id	177	178	179	180	181	182
Kellari	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12	K94:12
Kivilaji	Kvar.gran.	Granodior.	Granodior.	Kiillegneissi	Gran.-pun.	Gran.-pun.
Kivityyppi	1	4	4	2	3	3
Si (%)	45,214	42,388	42,523	32,856	39,055	35,546
Ti (%)	0,116	0,097	0,234	0,569	0,092	0,202
Al (%)	7,799	5,141	7,242	8,344	4,693	6,250
Fe (%)	0,270	0,199	0,754	4,100	0,157	0,658
Mn (%)	0,029	0,017	0,038	0,118	0,019	0,028
Ca (%)	1,061	1,783	2,981	4,399	1,880	1,803
K (%)	4,232	4,703	3,026	2,551	5,827	5,224
P (%)	0,305	0,302	0,540	0,888	0,254	0,172
V (ppm)	363	341	517	447	361	459
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	206	181	235	306	195	194
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	43	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	17	16	35	141	16	30
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	1367	613	n.d.	1868	n.d.	3463
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	149	61	271	295	65	179
Sn (ppm)	112	122	113	120	121	116
Sb (ppm)	187	200	183	204	203	190
Pb (ppm)	14	24	24	24	27	24
Bi (ppm)	n.d.	n.d.	15	29	17	n.d.
Cd (ppm)	113	128	112	120	127	127
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	38	32	41	49	39	41
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	183	199	200	201	202	203
Kellari	K94:12	K94:9	K94:9	K94:9	K94:9	K94:9
Kivilaji	Kvar.gran.	Kvar.-maas.gn.	Kvar.-maas.gn.	Kvar.-maas.gn.	Kiillegneissi	Kiillegneissi
Kivityyppi	1	7	7	7	2	2
Si (%)	38,529	27,696	23,585	27,452	31,303	32,285
Ti (%)	0,318	0,653	0,625	0,596	0,702	0,614
Al (%)	7,652	9,349	7,472	8,090	3,769	12,218
Fe (%)	1,504	8,623	7,780	7,267	7,595	7,677
Mn (%)	0,030	0,073	0,127	0,126	0,129	0,127
Ca (%)	1,895	6,895	9,274	7,231	2,469	8,963
K (%)	6,010	2,179	2,217	0,980	0,911	0,976
P (%)	0,462	0,673	0,881	0,245	1,314	0,494
V (ppm)	319	589	394	483	371	567
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	228
Ni (ppm)	234	261	231	196	263	362
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	94	145	157	104	206	79
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	12722	3053	8067	n.d.	2280	2359
Cl (ppm)	n.d.	n.d.	379	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	238	125	70	88	14	64
Sn (ppm)	114	105	102	112	144	121
Sb (ppm)	185	179	167	183	246	202
Pb (ppm)	22	27	34	26	20	21
Bi (ppm)	34	27	21	n.d.	16	16
Cd (ppm)	115	98	92	99	138	111
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	39	59	56	46	n.d.	49
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

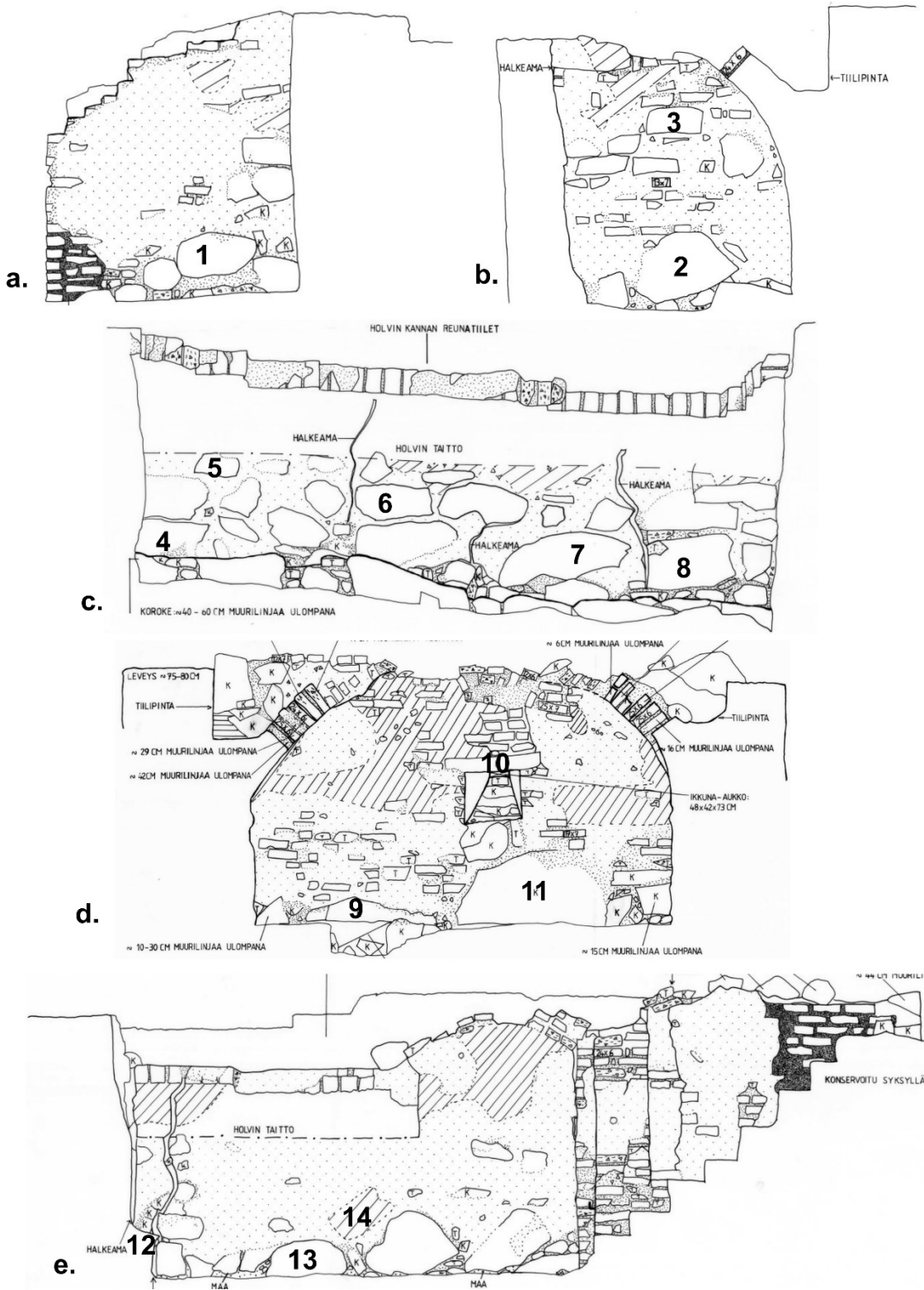
Id	204	205	209	210	211	213
Kellari	K94:9	K94:9	K94:10	K94:10	K94:10	K94:10
Kivilaji	Kiillegneissi	Kiillegneissi	Kiillegneissi	Kiillegneissi	Gran.-pun.mus.	Kvar.-maas.gn.
Kivityyppi	2	2	2	2	6	7
Si (%)	23,566	29,335	32,116	31,651	35,140	32,306
Ti (%)	0,886	0,641	0,156	0,647	0,737	0,661
Al (%)	8,056	10,973	5,078	10,114	11,306	10,672
Fe (%)	8,911	7,595	0,723	6,206	6,969	8,178
Mn (%)	0,075	0,135	0,035	0,125	0,129	0,152
Ca (%)	4,179	8,463	4,401	8,358	7,432	6,202
K (%)	2,166	0,933	4,634	1,197	2,461	1,248
P (%)	1,048	0,809	1,137	n.d.	0,385	0,770
V (ppm)	640	607	363	474	600	567
Cr (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ni (ppm)	227	349	177	228	410	270
Cu (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zn (ppm)	189	84	26	94	128	119
As (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
S (ppm)	1424	807	2266	2592	1868	n.d.
Cl (ppm)	n.d.	90	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Zr (ppm)	117	82	140	93	82	93
Sn (ppm)	115	119	111	115	122	117
Sb (ppm)	185	192	195	186	192	189
Pb (ppm)	32	23	38	24	33	26
Bi (ppm)	33	19	28	17	24	17
Cd (ppm)	105	112	123	109	116	97
Co (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ag (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Hf (ppm)	52	45	40	n.d.	37	47
W (ppm)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Id	214
Kellari	K94:10
Kivilaji	Kiillegneissi
Kivityyppi	2
Si (%)	32,191
Ti (%)	0,758
Al (%)	10,205
Fe (%)	6,575
Mn (%)	0,126
Ca (%)	2,165
K (%)	4,504
P (%)	0,273
V (ppm)	593
Cr (ppm)	n.d.
Ni (ppm)	382
Cu (ppm)	n.d.
Zn (ppm)	114
As (ppm)	n.d.
S (ppm)	1500
Cl (ppm)	80
Zr (ppm)	140
Sn (ppm)	125
Sb (ppm)	201
Pb (ppm)	27
Bi (ppm)	31
Cd (ppm)	121
Co (ppm)	n.d.
Ag (ppm)	n.d.
Hf (ppm)	33
W (ppm)	n.d.

Liite 2. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysit.

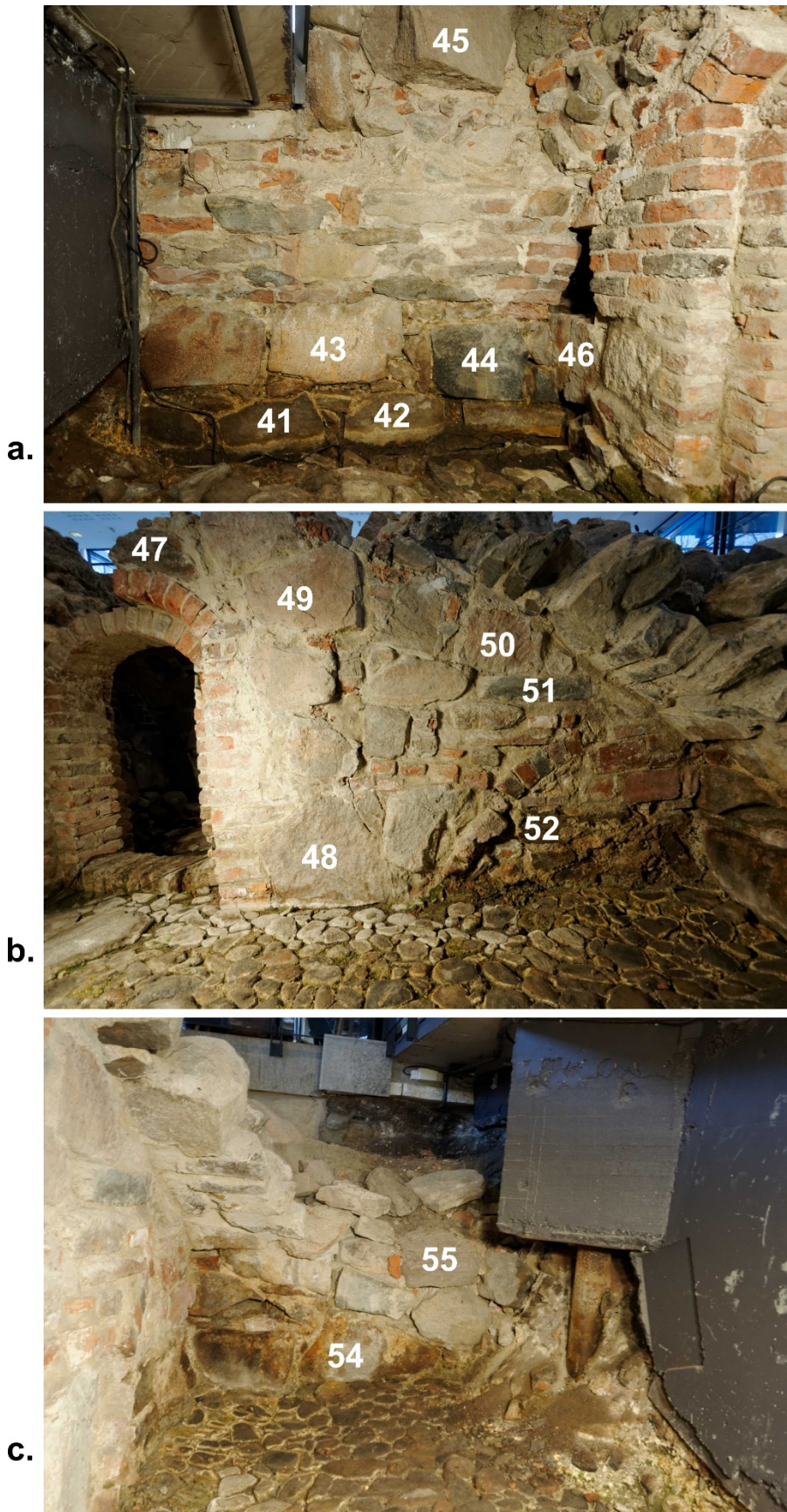
N.d. tarkoittaa sitä, että alkuainetta on ollut näytteessä alle XRF-laitteen määrittämysarvon.

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analysien rakennuskivien paikat.



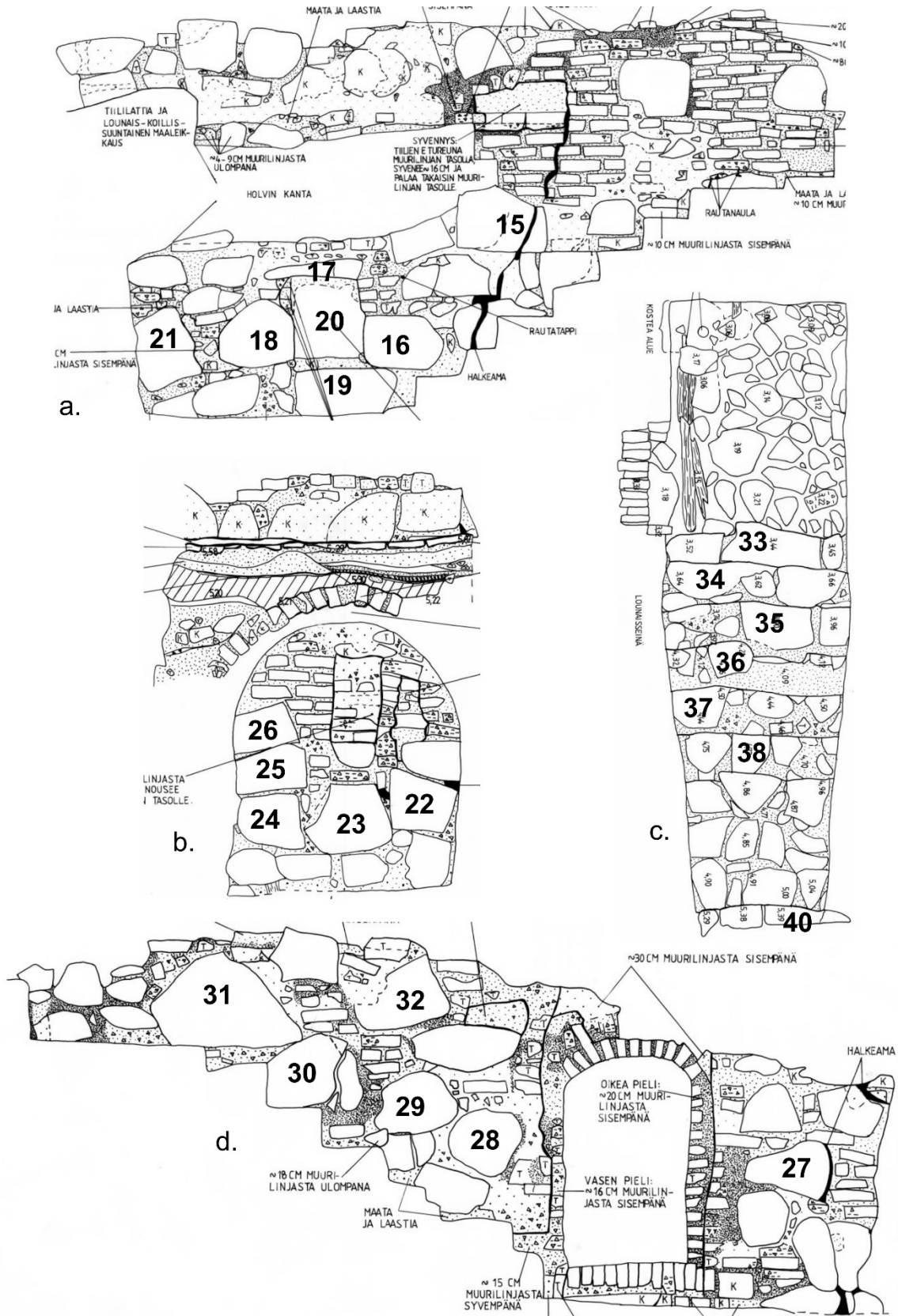
Kuva 1. Kellari K92:6, a.) portaiden viereinen koillisseinä (Kaivauskartta 247), b.) kaakkoisseinä (Kaivauskartta 246), c.) lounaisseinä (Kaivauskartta 245), d.) luoteisseinä (Kaivauskartta 243) ja e.) koillisseinä (Kaivauskartta 244).

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat.



Kuva 2. Kellari K92:3, a.) luoteisseinä, b.) koillisseinä ja c.) kaakkoisseinä.
Kuvat: Markus Kivistö.

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analysien rakennuskivien paikat.



Kuva 3. Kellari K92:5, a.) koillisseinä (Kaivauskartta 286), b.) luoteisseinä (Kaivauskartta 261+287+289), c.) portaikko ja lattiakiveys ylhäältä päin (Kaivauskartta 290) ja d.) lounaisseinä (Kaivauskartta 288).

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat.



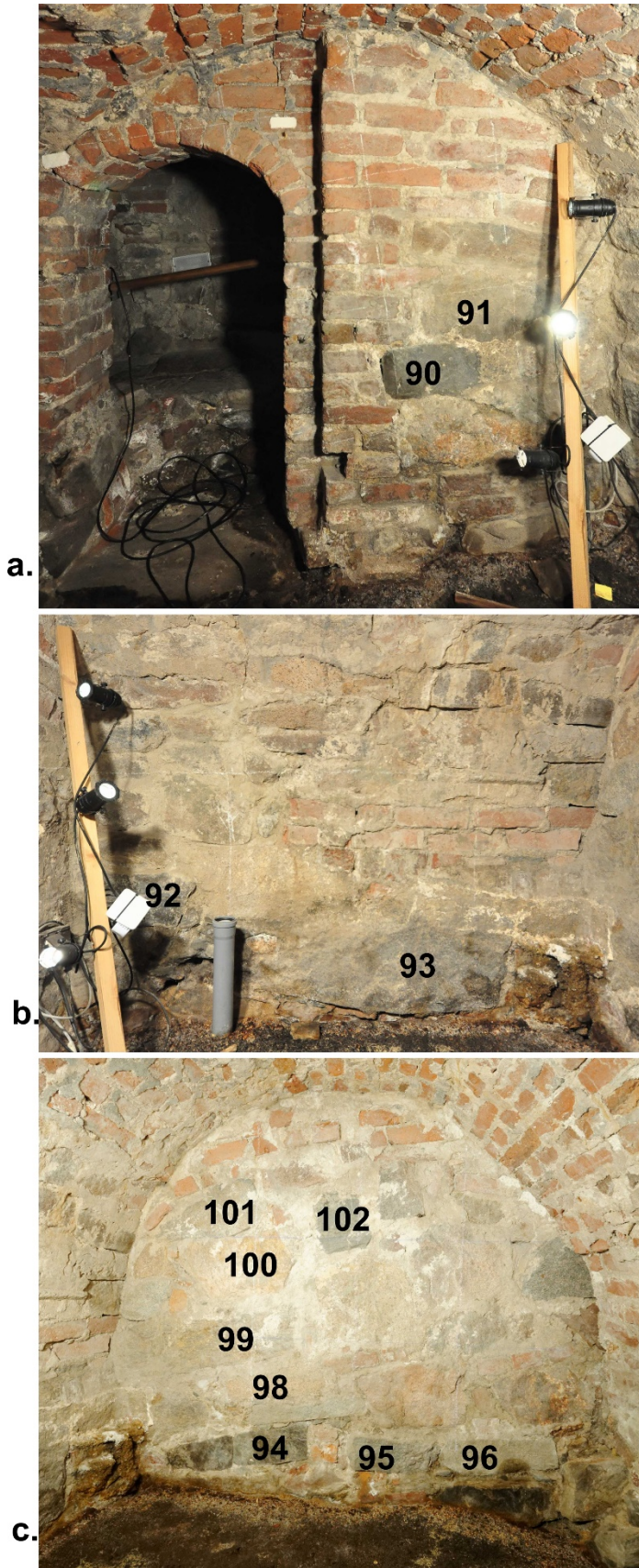
a.



b.

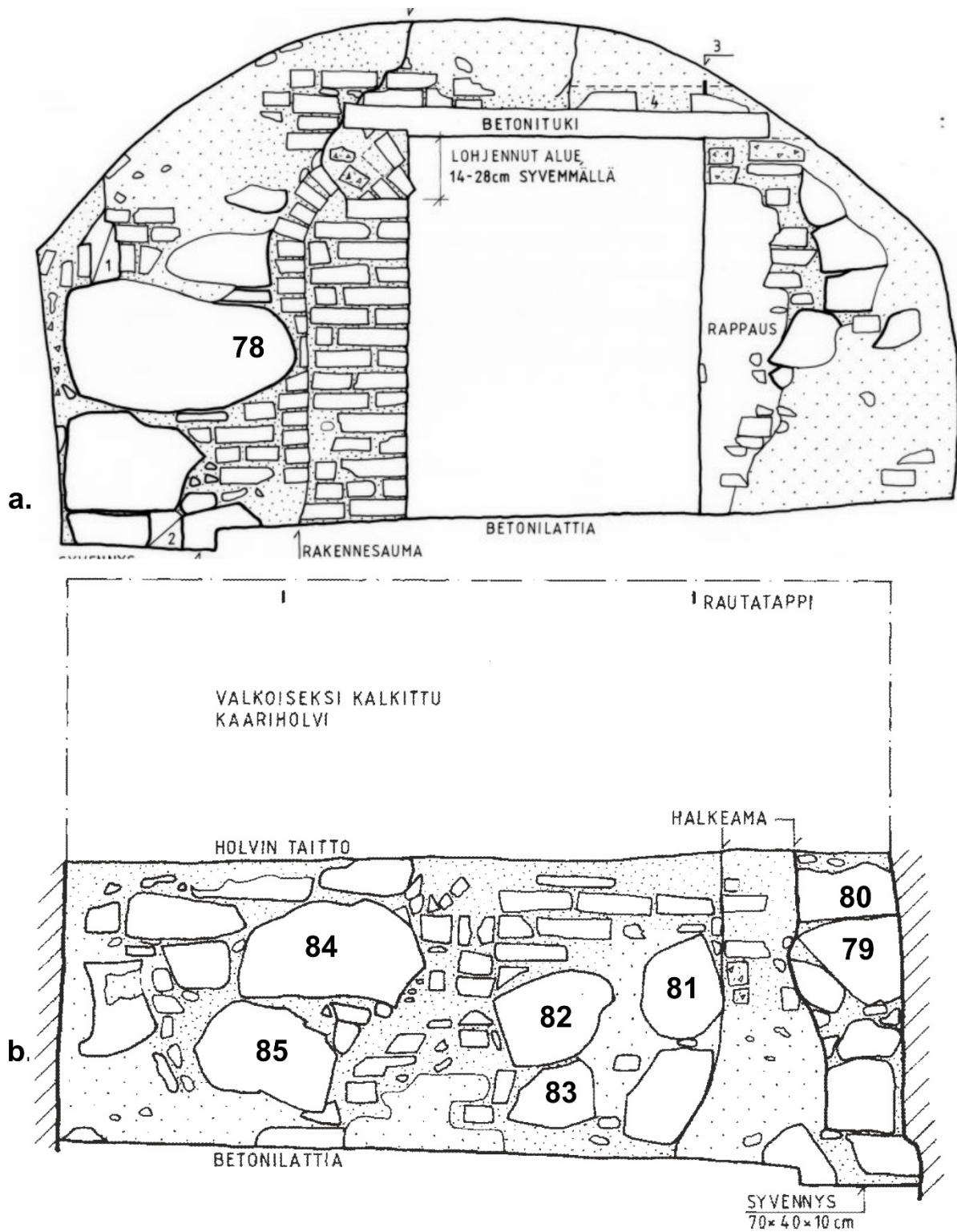
Kuva 4. Kellari K93:4, a.) koillisseinän putkikäytävä, Kuva: Markus Kivistö ja b.) vieressä oleva seinäkomerorynnys, Kuva: Jussi Kinnunen.

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat.



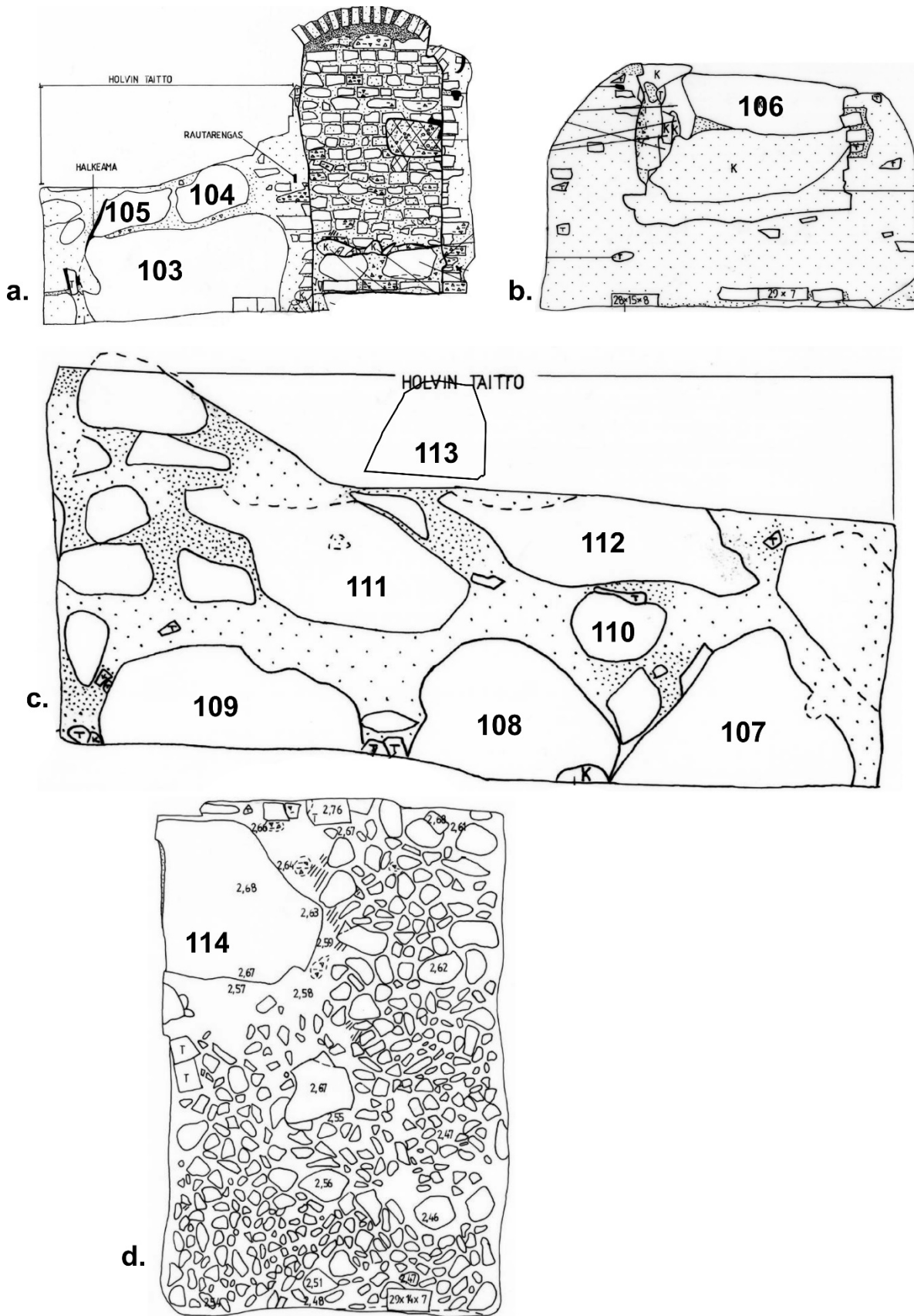
Kuva 5. Kellari K93:5, a.) oviaukon viereinen lounaisseinä, b.) luoteisseinä ja c.) koillisseinä. Kuvat: Markus Kivistö.

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat.



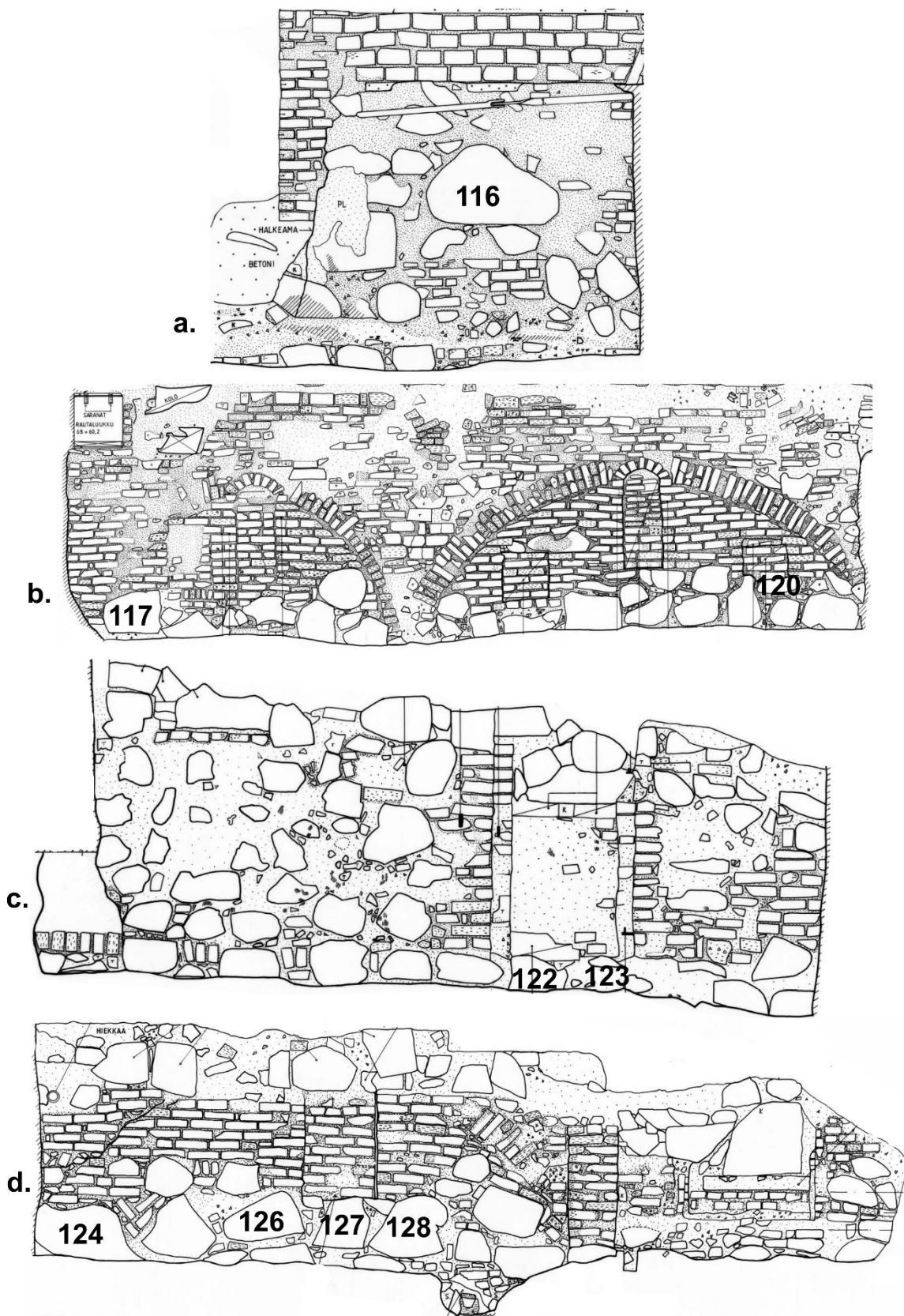
Kuva 6. Kellari K93:3, a.) oviaukon viereinen koillisseinä (Kaivauskartta 079) ja b.) luoteisseinä (Kaivauskartta 082).

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyyseiden rakennuskivien paikat.



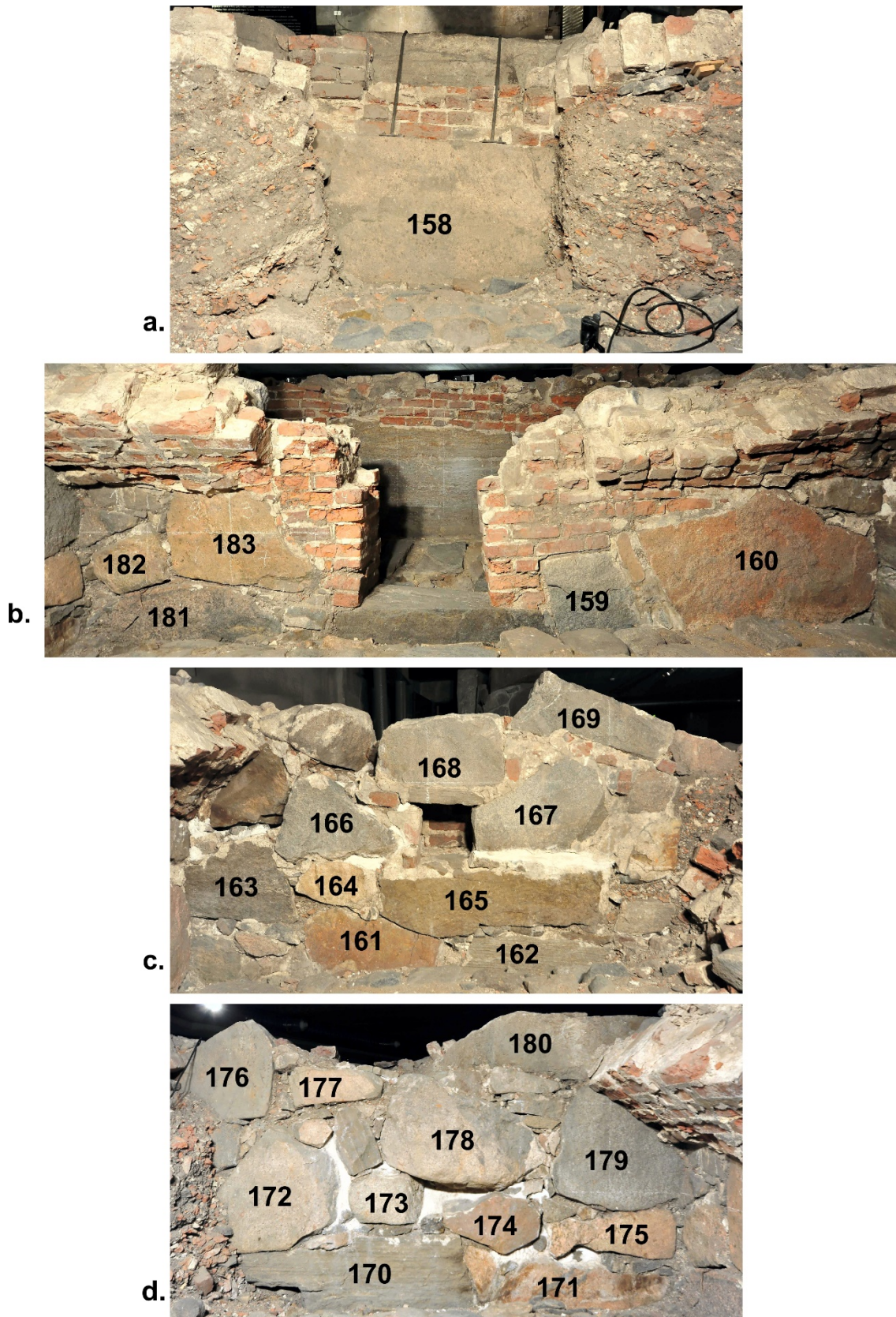
Kuva 7. Kellari K95:21, a.) koillisseinä (Kaivauskartta 278+279), b.) luoteisseinä (Kaivauskartta 277), c.) lounaisseinä (Kaivauskartta 276) ja d.) lattia (Kaivauskartta 280).

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat.



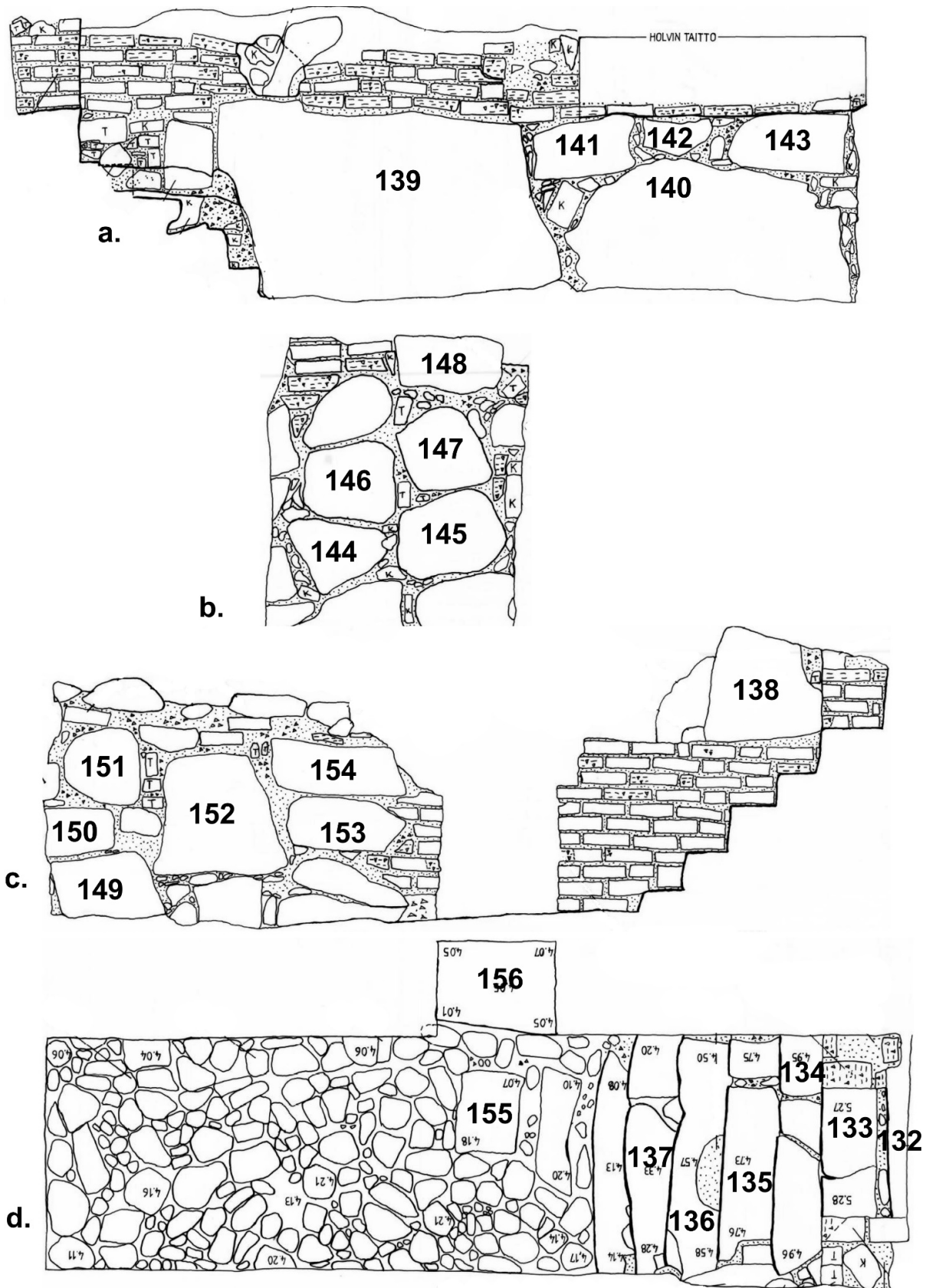
Kuva 8. Kellari K94:7, a) koillisseinä (Kaivauskartta 101), b) kaakkoisseinä (Kaivauskartta 199), c) lounaisseinä (Kaivauskartta 267) ja d) luoteisseinä (Kaivauskartta 274).

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat.



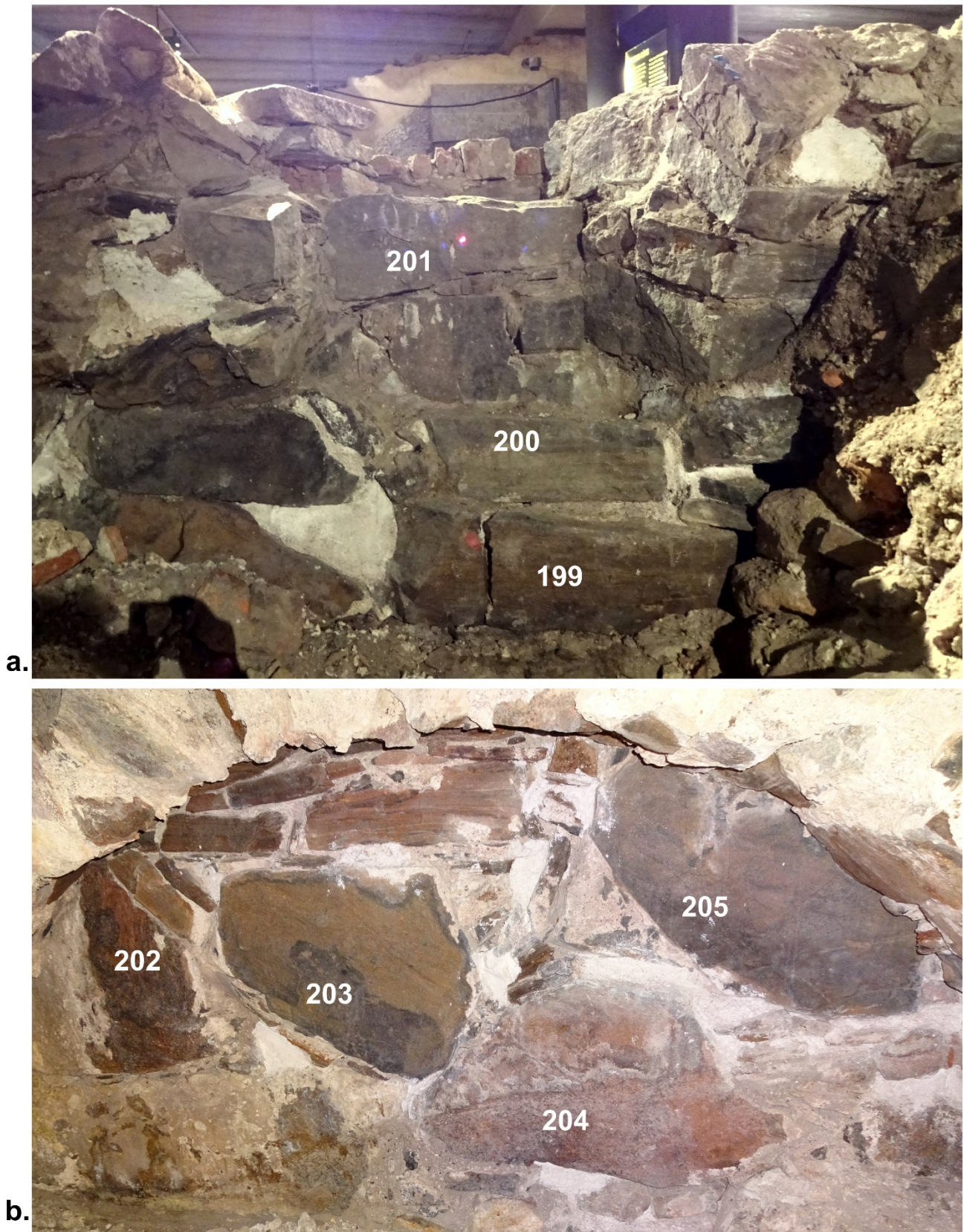
Kuva 9. Kellari K94:12, a) luoteisseinä, b) kaakkoisseinä oviaukkoineen, c) lounaisseinä ja d) koillisseinä. Kuvat: Markus Kivistö.

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyyseihin rakennuskivien paikat.



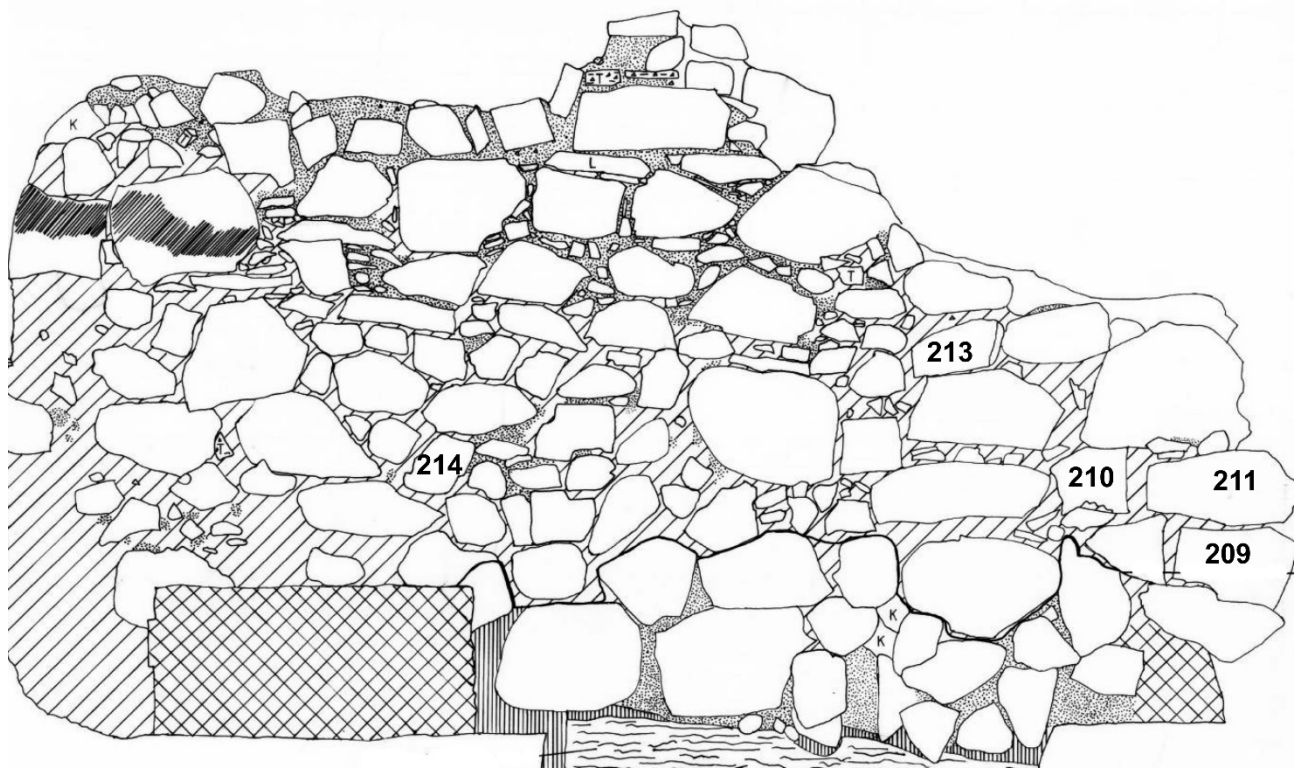
Kuva 10. Kellari K94:11, a) kaakkoisseinä (Kaivauskartta 301+304), b) lounaisseinä (Kaivauskartta 302+303), c) luoteisseinä (Kaivauskartta 302+303) ja d) portaikko ja lattiakiveys ylhäältä päin (Kaivauskartta 305+307).

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat.



Kuva 11. Kellari K94:9, a) luoteisseinä Luostarin jokikadun vierustalla ja b) lounaisseinän eteläisempi holvattu komero. Kuvat: Markus Kivistö.

Liite 3. Aboa Vetus & Ars Nova -museon pXRF-analyysien rakennuskivien paikat.



Kuva 12. Kellarin K94:10 koillinen ulkomuuri kaivon R50 vieressä (Kaivauskartta 250).

Tässä tutkimuksessa analysoituja rakennuskiviä oli yhteensä 163 kpl. Kuvissa numerot välillä 1–214 vastaavat Liitteen 2 *Analyysinro*-kohdan numeroa ja yhdistävät analyysit kuvissa esitettyihin rakennuskiviin. Kuvissa olevat ilmansuunnat ovat suhteessa kellarissa sisällä olevaan havaitsijaan. Rakenteiden kuvat eivät ole vertailukelpoisessa mittakaavassa.