

ERA.T-76.1.12.867

1



ENSV MINISTRITE NÕUKOGU RIIKLIK EHTUSKOMITEE
KULTUURIMÄLESTISTE RIIKLIK PROJEKTEERIMISE INSTITUUT

RUPI "BESTI EHTUSMÄLESTISED"

A-2609

OBJEKTI AADDRESS:

OBJEKT:

TELLIJA:

Vabariiklik Linnaehitus- ja Arhitektuurimälestiste Kaitse

Valitsus

TÖÖ № T-89080

Lubikrohvkatete kasutamise metoodika
väljatöötamine.

KÕIDE Kõide - I

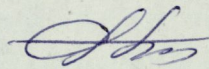
Peainsener
Osak.juhataja
Proj.peainsener

M. Leinbok
V. Buldas
K. Uetalu

2

Köite koostas ja

laboratoorsed analüüsid teostas:

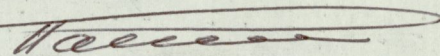


E. Ilves

RUPI "Eesti Ehitismälestised"
keemialabori juhataja

Objektikatseid juhendas,

fotografeeris ja joonised teostas:



T. Parmakson

RUPI "Eesti Ehitismälestised"
arhitekt

SISUKORD

1. Sissejuhatus
2. Laboratoorse analüüsi meetodikad
3. Katsetulemused
4. Kokkuvõte
5. Lisa

SISSEJUHATUS

Käesoleva uurimuse ajendiks sai viimaste aastatega kujunenud olukord, kus teoretiseerivatel tasanditel on korduvalt tõstatatud probleeme ja räägitud palju Rakke ja Palivere Ehitusmaterjalide Tehaste poolt toodetava lubja sobimatusest restaureerimistööks. Lubjast, selle kvaliteedist ja kasutamise iseärasustest sõltub aga nii üldehitustööde kui ka välisfassaadide viimistlustööde tehnoloogia.

Aastasadu Eestimaal ehituspraktikas nii igapäevased lubimördid kui -värvid on nüüdseks taandunud lihtsalt kasutatavate tsementmörtide ja polümeersete sideainetega fassaadivärvide eelistamise tõttu. Seda soodustas ka pidev kriitika Eestimaal toodetava lubja madala kvaliteedi ja kasutuskõlbmatuse kohta.

Kogu Euroopa restaureerimispraktikas on üha enam hakatud tagasi pöörduma algsete, originaalile sarnaste sideainete kasutuselevõtmiste ja vanade traditsiooniliste ehitustehnoloogiliste meetodite juurde.

Käesolev töö püüab olla alguseks, et juurutada taas Eestimaal toodetava lubja kasutuselevõtmist restaureerimistöös, eriti aga müüri- ja krohvimörtides. Töös on laboratoorselt analüüsitud, põhinedes kasutatud lubja kvaliteedile, krohvi (müüri)mörtide koostist ja sobivust restaureerimistööks.

Praktiline töö teostati Kaarma kiriku pastoraadi paekivist aida lääneseinal, mille vuukimiseks kasutati puhtaid lubimörte lubja-liiva suhtega 2:1, 1:1, 1:2 ja 1:3. Töö tehti 13. septembril 1989.a.

16. oktoobril k.a., st. 1 kuu pärast vuukimist-krohvimist, võeti laboratoorseks analüüsiks järgnevad proovid:

- 1) kasutatud lubjast (tükklubi saadi Rakke tehasest 1. sept., kustutati nõuetekohaselt 3. sept.),
- 2) kasutatud liivast,
- 3) valmistatud uutest vuukimis-krohvimismörtidest (4 proovi),
- 4) kiriku algsetest müürimörtidest (2 proovi, proovide võtmise asukohad on esit. joon. 1).

Laboratoorsete analüüside käigus määrati lubja aktiivsus (s.o. CaO ja MgO sisaldus), liiva kvaliteet (lisandite sisaldus ja granulomeetriline koostis), uute valmistatud mörtide karboniseerumis-, s.t. kivistumisaste. Võrdluseks teostati kahe, 13.-14. saj. pärineva Kaarma kiriku algse müürimördi täisanalüüs.

Käesolevad katsetulemused on esialgsed, määratud on mörte iseloomustavad näitajad pärast ühe kuu pikkust kivistumisprotsessi. Kontrolluuringuid tuleks jätkata 3 ja 6 kuu, 1 aasta jne. möödudes, et saada andmematerjali ja vastust küsimustele, millistel tingimustel ja millistes optimaalsetes uhetes on võimalik praegu toodetavat lubja kasutada restaureerimismörtide ja lubivärvide valmistamiseks.

2. Laboratoorse analüüsi
metoodikad

I Summaarse CaO+MgO aktiivsuse määramine kaltsiumlubjas

1. Kasutatavad reaktiivid ja lahused

1.1. Soolhape, 1 N lahus; valmistatakse järgmisel viisil:

85 ml soolhapet (tihedusega 1,19) lahendatakse dest.veega kuni 1 l-ni ja segatakse hoolikalt. 1 N HCl lahuse tiiter määratakse veevaba Na_2CO_3 (naatriumkarbonaadi) abil, mis kuivatatakse eelnevalt 1-1,5 tunni jooksul $250-270^\circ \text{C}$ juures konstantse kaaluni.

Kaalutud 1 g Na_2CO_3 asetatakse 250 ml koonilisse kolbi ja lahustatakse 80-100 ml dest. veega. Saadud lahus tiitritakse 1 N HCl-ga 0,1% metüüloranž-indikaatoriga lahuse kollase värvuse muutumiselt oranžikas-roosaks.

1 N HCl lahuse tiiter CaO suhtes (g-des) arvutatakse valemi

$$T_{\text{CaO}} = \frac{Q \times 0,02804}{V \times 0,053}$$

põhjal, kus

Q - Na_2CO_3 täpne mass, g;

0,02804 - CaO kogus, mis vastab täpselt 1 ml 1 N HCl lahusele, g;

V - 1 N HCl kogus, mis kulus tiitrimisele, ml;

0,053 - Na_2CO_3 kogus, mis vastab täpselt 1 ml 1 N HCl-le, g;

1.2. Fenoolftaleiin (indikaator), 1 % piirituslahus

2. Analüüsi teostus

Lubi kaaluga 1 g asetatakse 250 ml koonilisse kolbi, lisatakse 150 ml destilleeritud vett, 3-5 klaaskuubikest või 5-7 mm pikkust kinnijoodetud otstega klaaspulka. Kolb kaetakse klaas-

8

lehtri või uurklaasiga ja kuumutatakse 5-7 mm jooksul keemiseni. Lahus jahutatakse temperatuurini 20-30°C, pestakse kolvi seinad ja klaaslehter (uurklaas) dest.veega, lisatakse 2-3 tilka 1% fenoolftaleiini pürituslahust ja tiitritakse pideval segamisel 1 N HCl lahusega kuni selle täieliku värvituks muutumiseni. Tiitrimine loetakse lõppenuks, kui 8 min. jooksul (aeg-ajalt lahust loksutades) jääb ta värvituks.

Tiitrimist tuleb teostada aeglaselt, hapet lisatakse tilkhaaval.

Aktiivse CaO+MgO sisaldus kustutamata lubjas (%-des) arvutatakse valemi

$$A = \frac{V \times T_{CaO} \times 150}{Q}$$

põhjal, kus

V - 1 N HCl lahuse kogus, mis kulus tiitrimiseks, ml;

T_{CaO} - 1 N HCl lahuse tiiter, väljendatud CaO suhtes, g ;

Q - lubja kaal, g ;

Aktiivse CaO + MgO sisaldus hüdraatlubjas (%-des) arvutatakse valemi

$$A = \frac{V \times T_{CaO} \times 100}{Q \times (100-W)}$$

põhjal, kus

W - hüdraatlubja niiskusesisaldus, % (vt. metoodika p.-s III).

Ülejäänud näitajad on analoogsed ülalesitatutele.

II Summaarse CaO+MgO aktiivsuse määramine magnesiaalsetes, dolomiitsetes ja hüdraulistes lupjades

1. Kasutatavad reaktiivid ja lahused

1.1. Ammoniaakpuhverlahus; valmistatakse järgmisel viisil: 67,5 g ammooniumkloriidi lahustatakse 200 ml dest.vees, filtreeritakse, lisatakse 570 ml 25% ammooniumhüdrosiidi, täidetakse 1 l mõõtjooneni ja segatakse.

1.2. Happeline tume kroomsinine (indikaator), 0,5 % lahus, valmistatakse järgmiselt:

0,5 g tumedat kroomsinist lahustatakse 10 ml ammoniaakpuhverlahuses ja lahjendatakse kuni 100 ml-ni etüülpiiritusega.

1.3. 0,1 N triloon B (EDTA - Na₂-sool) lahus valmistatakse alljärgnevalt:

19 g triloon B-d lahustatakse mõõtkolvis 300-400 gr. destilleeritud vees nõrgal kuumutamisel. Kui lahus saab hägune, siis ta filtreeritakse, seejärel täidetakse kolb dest. veega 1000 ml mõõtjooneni ja segatakse hästi.

Triloon B lahuse tiitri määramiseks valatakse büretist 20 ml 0,1 N tiitritud MgSO₄ lahust (valmistatud fiksaanalist) 250-300 ml mahuga koonilisse kolbi, lahust lahjendatakse 100 ml veega, soojendatakse 60 - 70° C, lisatakse 15 ml ammoniaakpuhvrit ja 5-7 tilka happelise tumesinise indikaatorlahust ja tiitritakse 0,1 N triloon B lahusega intensiivsel segamisel lahuse värvi muutumisel punasest jäävaks siniseks/sirelilillaks/rohekassiniseks/.

0,1 N triloon B lahuse tiiter T_{MgO} , väljendatud MgO suhtes, arvutatakse valemi

$$T_{MgO} = \frac{20 \times 0,002016}{V}$$

põhjal, kus

V - 0,1 N triloon B lahuse hulk, mis kulus 20 ml 0,1 N MgSO₄ lahuse tiitrimiseks, ml;

0,002016 - MgO kogus, mis vastab täpselt 1 ml 0,1 N triloon B lahusele, g.

1.4. Kaaliumhüdroksiidi KOH 20% lahus, säilitatakse polüetüleenpudelil.

1.5. Fluoreksoon (indikaator), kuiv segu; valmistatakse järgmisel viisil:

1 g fluoreksooni peenestatakse uhmris 99 g veevaba kaaliumkloriidiga KCl. Indikaatorsegu säilitatakse tihedalt suletud kaanega anumal pimedas kohas.

1.6. Trietanoolamiini 1:4 vesilahus

1.7. Sahharoosi 10% lahus

1.8. Fenoolftaleiin (indikaator), 1% piirituslahus

1.9. Soolhape, 1 N tiitritud lahus

2. Analüüsi teostus

2.1. Aktiivse CaO sisalduse määramine sahharoosmeetodil

0,25 g lupja pannakse 500 ml koonilisse kolbi, lisatakse 50 ml sahharoosilahust ja loksutatakse energiliselt 15 min. jooksul.

Segamise parandamiseks lisatakse eelnevalt kolbi 3-5 klaaskuulikest või kinnijoodetud otstega 5-7 mm pikkust klaaspulka. Seejärel lisatakse 2-3 tilka fenoolftaleiini ja tiitritakse 1 N soolhappe lahusega. Tiitritakse tilkhaaval kuni algse

11

roosaka tooni kadumiseni. Aktiivse CaO kogus A_1 (%-des) arvutatakse valemi

$$A_1 = \frac{V \times T_{CaO} \times 100}{G}$$

põhjal,

kus V - 1 N HCl lahuse hulk, mis kulus tiitrimiseks, ml;

T_{CaO} - 1 N HCl lahuse tiiter CaO suhtes;

G - lubja kaal, g.

2.2. Aktiivse MgO sisalduse määramine trilonomeetrilisel meetodil

Lubjakogus kaaluga 0,5 g pannakse 200-250 ml keeduklaasi, niisutatakse veega ja lisatakse 30 ml 1 N HCl. Keeduklaas kaetakse uurklaasiga ja kuumutatakse 8-10 min. jooksul keemistemperatuurini, seejärel loputatakse uurklaas dest. veega ja peale jahutamist valatakse lahust 250 ml mõõtkolbi, lisatakse dest. vett kuni mõõtjooneni ja loksutatakse. Pärast seismist võetakse saadud lahust 50 ml, kantakse üle 250 ml koonilisse kolbi ja lisatakse 50 ml dest. vett, 5-10 ml ammoniaakpuhtrit, 5-7 tilka happelist kroom-tumesinist indikaatorit ja tiitritakse tugeval loksutamisel 0,1 N trilon B lahusega punase värvi muutumisel sinakasrohelisteks või siniseks.

Tiitrimise lõppedes, märgitakse üles kulutatud trilon B maht V_1 .

Samast mõõtkolvist võetakse 25 ml lahust 250 ml koonilisse kolbi, lisatakse 100 ml dest. vett ja segatakse. Seejärel lisatakse 3 ml trietanoolamiini vesilahust, 25 ml 20% KOH ja veelkord segatakse. 1-2 minuti pärast lisatakse spaatliotsakesega fluoreksoon ja tiitritakse trilon B lahusega fluorestseeruva roosa-rohelise värvitooni muutuseni jäävroosaks (mustal foonil).

Märgitakse üles tiitrimiseks kulutatud triloon B maht V_2 .

Aktiivse MgO sisaldus %-des arvutatakse valemi

$$A_2 = \frac{(V_1 - V_2) T_{MgO} \times 5 \times 100}{G}$$

põhjal, kus

V_1 - 0,1 N triloon B kogus, mis kulus CaO + MgO tiitrimiseks, ml;

V_2 - 0,1 N triloon B kogus, mis kulus CaO tiitrimiseks, ml;

T MgO - 0,1 N triloon B lahuse tiiter MgO suhtes, g;

5 - koefitsent, mis arvestab MgO määramist alikvaatses lahuse ruumalas;

G - lubja mass, g.

Aktiivse CaO ja MgO sisaldus (A) saadakse väärtuste A_1 ja A_2 summeerimisel ($A = A_1 + A_2$).

III Niiskusesisalduse määramine hüdraatlubjas

Lubi kaaluga 10 g asetatakse eelnevalt kuivatatud konstantse kaaluga kaanega varustatud kaalukaussi ja kuivatatakse temperatuuril 105-110°. Kuivatuskapis peab olema CO₂ meelamiseks naatronlubjaga^x täidetud kaalukauss. Kuivatamisprotsessi ajal naatronlubjaga täidetud kaalukauss avatakse. 2 tunni möödudes hüdraatlubjaga täidetud kaalukauss kaetakse kaanega, jahutatakse eksinaatoris ja kaalutakse (konstantsel massil). Teine kontrollkaalumine teostatakse 30 min. möödudes.

Lubja niiskusesisaldus W (%-des) arvutatakse valemi

$$W = \frac{(G - G_1) \times 100}{G}$$

põhjal, kus

G - lubja kaal, g

G_1 - lubja kaal peale kuivatamist, g.

^x naatronlubi - Ca(OH)₂ ja NaOH 1:1 kuivsegu

3. Katsetulemused

MÖRDI ANALÜÜS

14

Teostaja Ilves, E. Proovi nr. 1/1

Kuupäev 21.11.-30.11. Proovi päritolu Kaarma kirik,
pikihoone S-sein (S-0¹⁹⁸⁹ nurg) 13.-14. saj. müürimört

Proovi visuaalne kirjeldus (värv, tekstuur, kõvadus, lisandid jne.) Peeneteraline, väheste tellisepuru ja lubjatükkidega
kõva beezikashall müürimört. Sisaldab üksikuid (kuni 0,2 mm
diameetriga tühimikke - tekkinud olet. hilisemast lubja
kustumisest müüritises)

Mördi analüüs:

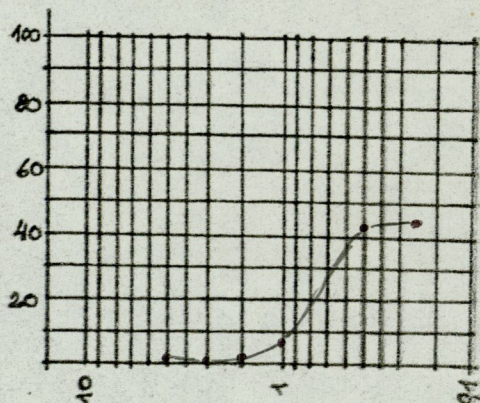
Peenestatud näidise kaal, P_1	=	<u>16,788 g</u>
Filterpaberi kaal, P_2	=	<u>2,072 g</u>
Filterpaberi + kuivatatud peenlisendite kaal, P_3	=	<u>2,445 g</u>
Kuivatatud peenlisendite kaal, $P_3 - P_2$	=	<u>0,379 g</u>
Kuivatatud liiva kaal, P_4	=	<u>13,54 g</u>
Liivasisalduse %, $\frac{P_4}{P_1} \times 100$	=	<u>80,7%</u>
Peenlisendite sisalduse %, $\frac{P_3 - P_2}{P_1} \times 100$	=	<u>2,2%</u>
Sideaine (lubja) sisalduse %	=	<u>17,1%</u>

Lahustumisreaktsiooni toimumise iseloomustus, lahuse värvus:

Lahust. toimub intensiivselt 30 sek. jooksul.

Lõplik 3 min. jooksul. Lahus kollakasroheline.

Mördiliiva terakoostis



	väiksem kui (kaalu%)
5,0 mm	<u>0,082 (0,6%)</u>
3,0 mm	<u>0,045 (0,3%)</u>
2,0 mm	<u>0,213 (1,6%)</u>
1,0 mm	<u>0,893 (6,6%)</u>
0,5 mm	<u>6,044 (44,6%)</u>
0,25 mm	<u>6,235 (46,0%)</u>

Mördis sisalduva CaO + MgO määramine
kaltsimeestrilisel meetodil

Teostaja Ilves, Elve Proovi nr. 1/2
Kuupäev 23. nov. 1989 Proovi päritolu _____
Kaarma kirik, pikihoone S-sein (S-O-nurk)
vt. eelmine analüüs, proov 1/1
Proovi kirjeldus _____

Mördi analüüs:

Peenestatud proovi kaal P, g 1,115 g
Ümbristoru vee temperatuur t°, °C 18°
Atmosfäärne rõhk, p, mm Hg 742 mm Hg
Veeauru rõhk küllastatud NaCl 11,7 mm Hg
lahuse kohal p' (vt. lisa 1), mm Hg _____
Eraldunud CO₂ ruumala V, ml 35,9
1 ml CO₂ mass (katsetemperatuuril t° 1,840 mg
ja atmosfäärsel rõhul p) m (vt. lisa 2), mg _____
 $\% \text{CO}_2 = \frac{m \cdot V(p-p') \cdot 100}{760 \cdot P \cdot 1000}$ 5,7%
Katseklaasis oleva liiva kaal P₁, g 0,922 g (82,7%)
 $\%(\text{CaO} + \text{MgO}) = 100 - (\% \text{CO}_2 + \frac{P_1}{P})$ 11,6%

MÖRDI ANALÜÜS

Teostaja Ilves, E. Proovi nr. 2/1
Kuupäev 21.-30-11.89 Proovi päritolu Kaarma kirik,

pikihoone S-seina müürimört lammut. kontraforsi kohalt,
dat. 13/14. saj.

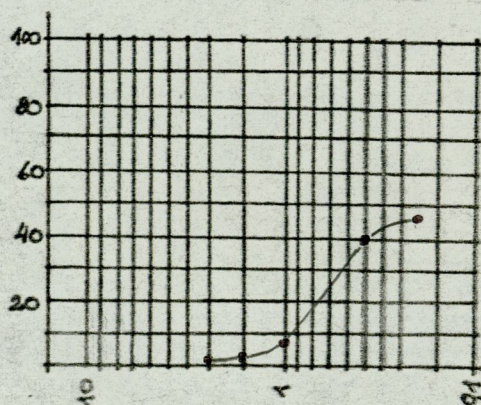
Proovi visuaalne kirjeldus (värv, tekstuur, kõvadus, lisandid jne.) Peeneteraline, paliude (kuni 0,2 mm) suurusega) valgete
lubjatükkidega kõva hallikasbeež müürimört. Mört sisaldab
palju (alla 0,75-0,5 mm läbimõõduga) tihimikke ja poore.

Mördi analüüs:

Peenestatud näidise kaal, P ₁	=	<u>15,491 g</u>
Filterpaberi kaal, P ₂	=	<u>2,120 g</u>
Filterpaberi + kuivatatud peenlisandite kaal, P ₃	=	<u>2,324 g</u>
Kuivatatud peenlisandite kaal, P ₃ -P ₂	=	<u>0,304 g</u>
Kuivatatud liiva kaal, P ₄	=	<u>13,12 g</u>
Liivesisalduse %, P ₄ /P ₁ x 100	=	<u>78,2 %</u>
Peenlisandite sisalduse %, $\frac{P_3 - P_2}{P_1} \times 100$	=	<u>2,0 %</u>
Sideaine (lubja) sisalduse %	=	<u>19,8%</u>

Lahustumisreaktsiooni toimumise iseloomustus, lahuse värvus:
Intens. lahust. toimub 30 sek. jooksul, lõplik lahust.
3 min. jooksul. Lahus kollakasroheline

Mördiliiva terakoostis



	väiksem kui (kaalu%)
5,0 mm	<u>-</u>
3,0 mm	<u>0,022 (0,2%)</u>
2,0 mm	<u>0,208 (1,6%)</u>
1,0 mm	<u>1,058 (8,1%)</u>
0,5 mm	<u>5,248 (40,0%)</u>
0,25 mm	<u>6,179 (47,1%)</u>

17

Mördis sisalduva CaO + MgO määramine
kaltsimeetrilisel meetodil

Teostaja Ilves, Elve Proovi nr. 2/2
Kuupäev 24. nov. 1989 Proovi päritolu _____
Kaarma kirik, pikihoone S-seina müürimört (lammut.
kontraforssi kohalt)
Proovi kirjeldus _____
vt: eelmine analüüs, proov 2/1

Mördi analüüs:

Peenestatud proovi kaal P, g 1,123 g
Ümbristoru vee temperatuur t°, °C 18°C
Atmosfäärne rõhk, p, mm Hg 742 mm Hg
Veeauru rõhk küllastatud NaCl
lahuse kohal p' (vt. lisa 1), mm Hg 11,7 mm Hg
Eraldunud CO₂ ruumala V, ml 43 ml
1 ml CO₂ mass (katsetemperatuuril t°
ja atmosfäärsel rõhul p) m (vt. lisa 2), mg 1,840 mg
$$\% \text{CO}_2 = \frac{m \cdot V(p-p') \cdot 100}{760 \cdot P \cdot 1000}$$
6,8%
Katseklaasis oleva liiva kaal P₁, g 0,886 g (78,9%)
$$\%(\text{CaO} + \text{MgO}) = 100 - (\% \text{CO}_2 + \frac{P_1}{P})$$
14,3%

Mördis sisalduva CaO + MgO määramine
kaltsimeetrilisel meetodil

Teostaja Ilves, Elve Proovi nr. 3/2
Kuupäev 28. nov. 1989 Proovi päritolu Kaarma
kiriku uus rest. mört 2:1 (lubi:liiv)

Proovi kirjeldus valge, pinnalt tugevalt pragunenud pehme mört

Mördi analüüs:

Peenestatud proovi kaal P, g	<u>1,131 g</u>
Ümbristoru vee temperatuur t°, °C	<u>17,5°C</u>
Atmosfäärne rõhk, p, mm Hg	<u>764 mm Hg</u>
Veeauru rõhk küllastatud NaCl lahuse kohal p' (vt. lisa 1), mm Hg	<u>11,3 mm Hg</u>
Eraldunud CO ₂ ruumala V, ml	<u>29 ml</u>
1 ml CO ₂ mass (katsetemperatuuril t° ja atmosfäärsel rõhul p) m (vt. lisa 2), mg	<u>1,896 mg</u>
$\% \text{CO}_2 = \frac{m \cdot V(p-p') \cdot 100}{760 \cdot P \cdot 1000}$	<u>4,8%</u>
Katseklaasis oleva liiva kaal P ₁ , g	<u>0,348 g (30,7%)</u>
$\%(\text{CaO} + \text{MgO}) = 100 - (\% \text{CO}_2 + \frac{P_1}{P})$	<u>64,5 %</u>

Mördis sisalduva CaO + MgO määramine
kaltsimeetrilisel meetodil

Teostaja Ilves, Elve Proovi nr. 4/2
 Kuupäev 28. nov. 1989 Proovi päritolu Kaarma
kiriku rest.mört (müürmört) 1:1
 Proovi kirjeldus beežikasvalge, pragunenud pinnaga, suhtel.
kova lubimört

Mördi analüüs:

Peenestatud proovi kaal P, g 1,271 g
 Ümbristoru vee temperatuur t°, °C 17,5°C
 Atmosfäärne rõhk, p, mm Hg 764 mm Hg
 Veeauru rõhk küllastatud NaCl lahuse kohal p' (vt. lisa 1), mm Hg 11,3 mm Hg
 Eraldunud CO₂ ruumala V, ml 65 ml
 1 ml CO₂ mass (katsetemperatuuril t° ja atmosfäärsel rõhul p) m (vt. lisa 2), mg 1,896 mg

$$\% \text{CO}_2 = \frac{m \cdot V(p-p') \cdot 100}{760 \cdot P \cdot 1000}$$
 9,6 %
 Katseklaasis oleva liiva kaal P₁, g 0,63 g (49,6%)

$$\%(\text{CaO} + \text{MgO}) = 100 - (\% \text{CO}_2 + \frac{P_1}{P})$$
 40,8%

Mördis sisalduva CaO + MgO määramine
kaltsimeetrilisel meetodil

Teostaja Ilves, Elve Proovi nr. 5/2
Kuupäev 30. nov. 1989 Proovi päritolu _____
Kaarma kiriku uus rest. mört 1:2
Proovi kirjeldus kahvatubeež suhtel. kõva lubimört

Mördi analüüs:

Peenestatud proovi kaal P, g 1,044 g
Ümbristoru vee temperatuur t°, °C 22°C
Atmosfäärne rõhk, p, mm Hg 767 mm Hg
Veeauru rõhk küllastatud NaCl lahuse kohal p' (vt. lisa 1), mm Hg 15,0 mm Hg
Eraldunud CO₂ ruumala V, ml 33 ml
1 ml CO₂ mass (katsetemperatuuril t° ja atmosfäärsel rõhul p) m (vt. lisa 2), mg 1,880 mg
 $\% \text{CO}_2 = \frac{m \cdot V(p-p') \cdot 100}{760 \cdot P \cdot 1000}$ 5,9%
Katseklassis oleva liiva kaal P₁, g 0,703 g (67,3%)
 $\%(\text{CaO} + \text{MgO}) = 100 - (\% \text{CO}_2 + \frac{P_1}{P})$ 26,8%

Mördis sisalduva CaO + MgO määramine
kaltsimeetrilisel meetodil

Teostaja Ilves, Elve Proovi nr. 6/2
Kuupäev 30-nov. 1989 Proovi päritolu _____
Kaarma kiriku uus rest. mört 1/3
Proovi kirjeldus kahvatubeež, suhteliselt pehme lubimört

Mördi analüüs:

Peenestatud proovi kaal P, g 1,254 g

Ümbristoru vee temperatuur t°, °C 22°C

Atmosfäärne rõhk, p, mm Hg 767 mm Hg

Vecauru rõhk küllastatud NaCl lahuse kohal p' (vt. lisa 1), mm Hg 15,0 mm Hg

Eraldunud CO₂ ruumala V, ml 31 ml

1 ml CO₂ mass (katsetemperatuuril t° ja atmosfäärsel rõhul p) m (vt. lisa 2), mg 1,880 mg

$\% CO_2 = \frac{m \cdot V(p-p') \cdot 100}{760 \cdot P \cdot 1000}$ 4,6%

Katseklaasis oleva liiva kaal P₁, g 0,945 g (75,4%)

$\%(CaO + MgO) = 100 - (\%CO_2 + \frac{P_1}{P})$ 20,0%

22

LIIVA
MÖRDI ANALÜÜS

Teostaja Ilves, Elve Proovi nr. 7

Kuupäev 29. nov. 1989 Proovi päritolu _____

Kaarma kiriku rest. mördi (müürimördi) liiv

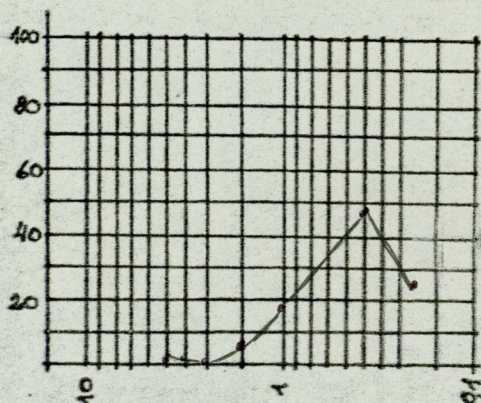
Proovi visuaalne kirjeldus (värv, tekstuur, kõvadus, lisandid jne.) _____

Mördi analüüs:

Peenestatud näidise kaal, P_1	=	<u>16,747 g</u>
Filterpaberi kaal, P_2	=	<u>2,030 g</u>
Filterpaberi + kuivatatud peenlisandite kaal, P_3	=	<u>2,060 g</u>
Kuivatatud peenlisandite kaal, $P_3 - P_2$	=	<u>0,030 g</u>
Kuivatatud liiva kaal, P_4	=	_____
Liivisisalduse %, $P_4 / P_1 \times 100$	=	_____
Peenlisandite sisalduse %, $\frac{P_3 - P_2}{P_1} \times 100$	=	<u>1,8%</u>
Sideaine (lubja) sisalduse %	=	_____

Lahustumisreaktsiooni toimumise iseloomustus, lahuse värvus: _____

Mördiliiva terakoostis



	väiksem kui (kaalu%)
5,0 mm	<u>0,09 g (0,5%)</u>
3,0 mm	<u>0,035 g (0,2%)</u>
2,0 mm	<u>0,719 g (4,3%)</u>
1,0 mm	<u>3,3 g (19,7%)</u>
0,5 mm	<u>8,106 g (48,4%)</u>
0,25 mm	<u>4,212 g (25,8%)</u>

4. Kokkuvõte

Ülevaade analüüside tulemustest on toodud tabelites 4.1 ja 4.2.

Mörtide koostiskomponendid

Tabel 4.1

Proovi nr. x)	HCl-s lahust. osa sisaldus (CaCO ₃ +MgCO ₃) %	HCl-s lahust. (CaO+MgO) sisald., %	CO ₂ sisaldus, %	Liiva-sisaldus, %	Peen-lisandite sisald., %
1/1	17,1			80,7	2,2
1/2		11,6	5,7	82,7	
2/1	19,8			78,2	2,0
2/2		14,3	6,8	78,9	
3/2		64,5	4,8	30,7	
4/2		40,8	9,6	49,6	
5/2		26,8	5,9	67,3	
6/2		20,0	4,6	75,4	

x) kaldjoonel olev nr. näitab proovi jrk. numbrit,
kaldjoone all olev nr. - analüüsimeetodit: 1 - üldanalüüs,
2 - kaltsimeetriline analüüs

Mördiliivade granulomeetriline koostis

Tabel 4.2

Proovi nr.	Liiva-sisaldus, %	Peenlisan-dite sisaldus, %	Terasuuruse jaotus, %					
			5,0	3,0	2,0	1,0	0,5	0,25
1/1	80,9	2,2	0,6	0,3	1,6	6,6	44,6	46,0
2/1	78,2	2,0	-	0,2	1,6	8,1	40,0	47,1
7	Uutes mör-tides kasu-tatud liiv	1,8	0,5	0,2	4,3	19,7	48,4	25,2

Katsetulemusi tabeli 4.1. põhjal analüüsidest ilmneb, et algsetes, 13.-14. saj. kasutatud mörtides (proovid 1 ja 2) on lubja:liiva suhe olnud 1:4 - varemanalüüsitud Rakvere raj. Viru-Nigula ja Tartu Toomkiriku mörtidega võrreldes. on Kaarma kiriku mördid tunduvalt lahjemad; samaaegsetes Tartu Toomkiriku ja Viru-Nigula kiriku mörtides on olnud lubja:liiva suhe 1:2...3. Madala lubjasisalduse (20%) juures on Kaarma kiriku mördid hästi kivistunud ja säilitanud algse sidumisvõime. Varemuruuritu-tega võrreldes on ka karbonisatsiooniate, s.o. CO₂ sisaldus neis mörtides suhteliselt madal - 5,7 ja 6,8%. Ilmselt on mördi valmistamiseks kasutatud kõrgekvaliteedilist lupja, mis on taganud mördi sidumisvõime säilivuse läbi aastasade.

Uute katte/vuukimismörtide proovide valmistamiseks kasutati Rakke Ehitusmaterjalide Tehasest saabunud lupja. Lubja kvaliteedi määramine teostati ptk. 2 toodud meetodikate kohaselt. Analüüside põhjal saadi kasutatava hüdraatlubja CaO sisalduseks 67,5% ja MgO sisalduseks 2,8%, seega oli lubja üldaktiivsus 67,5 + 2,8 = 70,3 %. Praegu kehtivate kvaliteedinäitajate alusel

kuulub seega kasutatud lubi III sordi lubja hulka.

Selle lubja baasil segati vuukimismördid lubja:liiva^{x)} suhetega 2:1 (näidis 3), 1:1 (näidis 4), 1:2 (näidis 5) ja 1:3 (näidis 6). Ühe kuu möödudes võeti kõigist näidistest proovid, et laboratoorselt määrata nende karboniseerumisaste, s.t. kivistumise ulatus. Proovides 3 ja 6 on see madal (vastavalt lubja liia ja vähesuse tõttu), mördid ei ole saavutanud piisavat mehhaanilist tugevust; proovides 4 ja 5 (lubja:liiva suhe vastavalt 1:1 ja 1:2) on mördid hästi kivistunud ja piisava mehhaanilise tugevusega. Vana mürdi CO₂ sisaldusele on lähedaseim proov 5, kus lubja:liiva suhe on 1:2.

Lõplikeks järeldusteks on aeg veel varajane: mõne järgneva aastaga tuleks välja selgitada, kui palju suureneb mörtides CO₂ sisaldus, s.t. kuidas toimub lubja lõplik kivistumine (reageerimine õhu süsihappegaasiga).

Tabel 4.2. iseloomustab nii vandes (proovid 1 ja 2) kui uutes mörtides kasutatud liivasid. Vanade mörtide valmistamiseks on valitud madala savisisaldusega (alla 2,2%) peeneteraline, ümmarguse (st. madala eripinnaga) terakujuga liiv: 0,5 mm väiksema terasuurusega osakeste sisaldus on kõrge - kuni 90%. Sama tüüpi on ka uute mörtide valmistamiseks kasutatud liiv, kus alla 0,5 mm läbimõõduga terade osakaal on 73,6%. Ideaalse mördiliiva terad peaksid olema tunduvalt suurema läbimõõduga ja nurgelisema kujuga, et liiva eripind lubjaga liitumisel oleks suurem. Kuna aga algne mördiliiv on ümmarguse terakujuga ja kõrge väikese tera fraktsiooni sisaldusega, teostati katsed varem kohaletoodud liivaga.

Esialgsete tulemuste põhjal võib kokkuvõtteks öelda, et

x) Liiva kvaliteedi hinnang on toodud tabelis 4.2.

kasutades suhteliselt madala aktiivsusega lupja (aktiivsus 70%) restaureerimismörtide valmistamiseks, võiks soovitatav optimaalne lubja:liiva suhtarv segus olla 1:2. Selle mördi omadused on enam sarnased algsete mörtidega.

5. Lisa

1

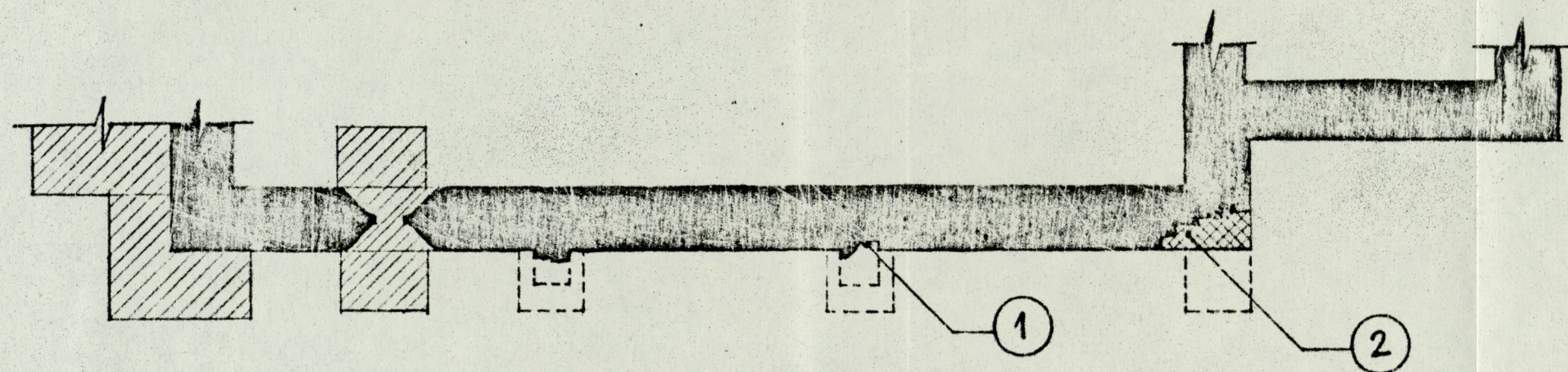
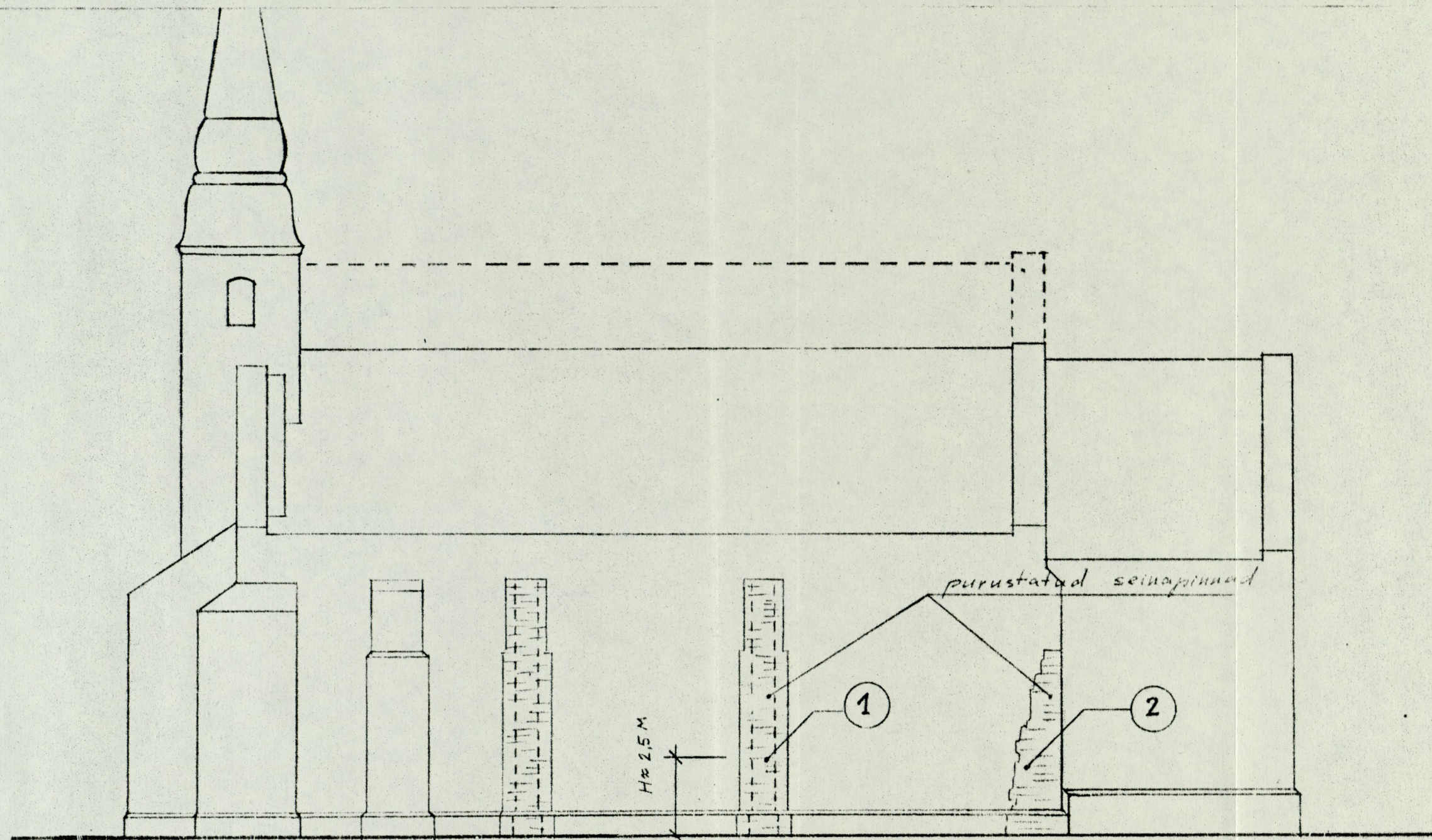




Foto 1. Uus mört lubja:liiva suhtarvuga 1:1



Foto 2. Uus mört lubja:liiva suhtarvuga 1:2



Foto 3. Uus mört lubja:liiva suhtarvuga 1:3