

Muren omkring Marienlyst Slot

Forundersøgelse af murværk i prøvefelter

Baggrund

I tilknytning til årsmødet for Nordisk Forum for Bygningskalk udføres en demonstration og afprøvning af forskellige mørteltyper og behandlingsmetoder på den del af den fredede havemur, som vender ud af mod bebyggelsen Lappen. Der er ansøgt og givet tilladelse til at etablere 5 prøvefelter på hver ca. 3x3 meter af Helsingør Kommune, som ejer muren, og Kulturstyrelsen. Af bl.a. æstetiske grunde er det valgt at etablere 6 prøvefelter placeret parvis mellem murens støttepiller. Nærværende notat redegør for opbygning af og anvendte materialer i den del af muren, som anvendes til prøvefelterne.

Historiske oplysninger

Der foreligger ikke mange oplysninger om murens alder, men dele af muren skulle angiveligt være fra Christian d. IV tid; dvs. ældre end det nuværende Marienlyst Slot fra 1759-63. Kobberinddækningen og det øverste murskifte skulle dog være væsentligt yngre og muligvis etableret i forbindelse med en større istandsættelse i begyndelsen af 1920'erne.

Murens opbygning

I området med prøvefelterne har muren på ydersiden mod Lappen en højde på 3,0 meter. I inder-siden, mod Slottet, er de nederste 1,5 meter dækket af jord. Murens tykkelse er omkring 46 cm. På ydersiden er muren støttet af ca. 90 cm brede støttepiller, som rager ca. 30 cm meter ud fra muren. Murkronen er inddækket med sammenfalsede kobberplader med ensidigt fald udefter (mod Lappen).



Foto 1: Murens yderside i området med prøvefelterne. I murens inder-side er de nederste 1,5 meter dækket af jord (kote markeret med stiplede linje). De 3x3 meter store prøvefelter er placeret parvis mellem murens støttepiller. Marienlyst Slot kan skimtes bag muren i baggrunden til højre.

SEIR – materialeanalyse A/S

LABORATORIUM OG RÅDGIVNING: BETON – MØRTEL - PUDS - NATURSTEN - OVERFLADEBEHANDLING

Murværk: Muren er opmuret i røde teglsten af varierende kvalitet og med uens dimensioner (længde: 260-314 mm, bredde 143-152 mm, højde 54-68 mm). Til opmuringen er anvendt en meget grovkornet, bindemiddelrig mørtel med op til 10 mm store tilslagskorn. Der er muret med fyldte fuger og opmuringsmørtelen ses stedvis, at være ført ud over stenenes overflade.



Foto 2: Murens yderside efter afrensning af puds, kalk- og farvelag i de 6 prøvefelter. Koten for jorddækningen i murens bagside er markeret med stiplede linje.



Foto 3 og 4: Udsnit af den afrensede mur. Til opmuringen er der anvendt en bindemiddelrig, meget grovkornet mørtel. Efter opmuringen har mørtelen i større eller mindre grad dækket stenenes overflade (tv).

Overfladebehandling: Murens yderside (mod Lappen) er yderst påført to lag cementholdig puds med en samlet tykkelse på 5-10 mm. Pudsens er flere steder skallet af.

Under pudslagene ses rester af ældre kalklag i hvide, brunrøde, lyserøde og grå kulører under den yderste cementholdige puds. Yderst er der enkelte steder bevaret et lyseblåt kalklag.

Sammensætningen og opbygningen af puds, kalk-, farvelag er beskrevet under afsnittet laboratorieundersøgelser.



Foto 5: Kanten af et af de afrensede murfelter. Under den yderste cementholdige puds ses ældre hvide, rødlige og grålige kalk- og farvelag.

SEIR – materialeanalyse A/S

LABORATORIUM OG RÅDGIVNING: BETON - MØRTEL - PUDS - NATURSTEN - OVERFLADEBEHANDLING

Laboratorieundersøgelser

Der er udtaget i alt 6 prøver fra murens yderside, de fleste Ø28 mm borekerner. Af disse er 3 prøver undersøgt i laboratoriet ved tyndslibsanalyse for beskrivelse af forekommende kalk- og farvelag samt fastlæggelse af strukturen og sammensætningen af de anvendte mørtler til såvel puds som opmuring.

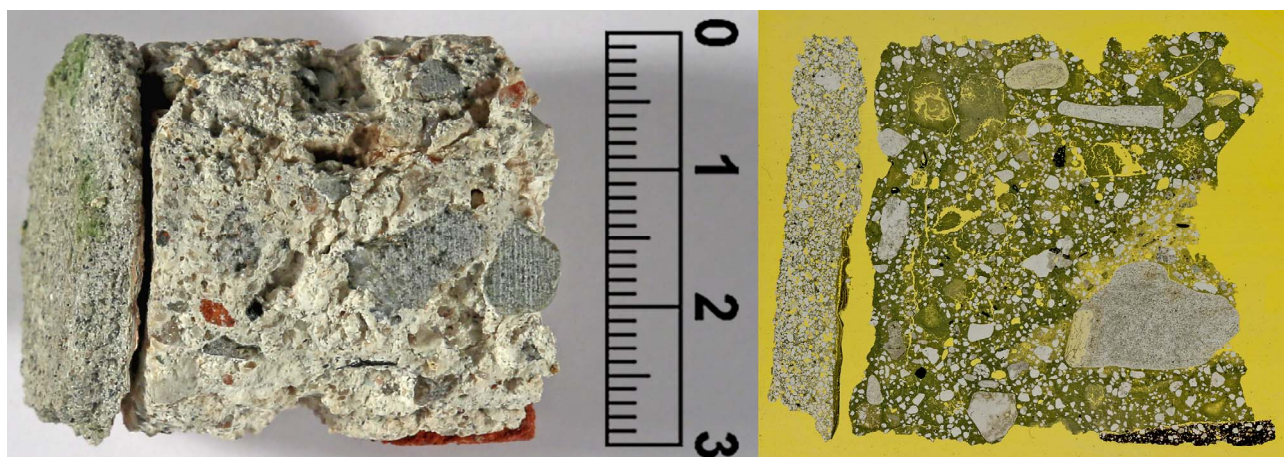


Foto 6 og 7: Billedet viser den udborede prøve 5 (tv) og det analyserede tyndslib af samme prøve(th). Ved fremstillingen af tyndslibet er prøven omstøbt og imprægneret med epoxy, som på billedet har en gul farve. Længden af skalaen i midten er 3 cm.

Set i tyndslibene kan der identificeres følgende lagvise opbygning i prøverne fra murens yderside:

Kort beskrivelse	Betegnelse	Kulør	Målte lagtykkelser		
			Prøve 3	Prøve 5	Prøve 6
Grå puds, kalkcementmørtel	Puds 2		0,5 – 2 mm	-	-
Lysegrå puds, kalkcementmørtel	Puds 1		-	4 – 5 mm	-
Farvelag, lyseblåt	F16		0,00 – 0,08 mm	-	-
Farvelag, lysegråt	F15		0,00 – 0,10 mm	0,00 – 0,20 mm	-
Farvelag, lysegråt	F14		0,00 – 0,20 mm	0,00 – 0,17 mm	0,00 – 0,10 mm
Farvelag, lyserødt	F13		0,00 – 0,10 mm	0,01 – 0,08 mm	0,00 – 0,02 mm
Kalklag, hvidt	F12		0,00 – 0,15 mm	0,00 – 0,12 mm	0,00 – 0,07 mm
Farvelag, lysegråt	F11		0,00 – 0,12 mm	0,01 – 0,18 mm	0,00 – 0,08 mm
Kalklag, hvidt	F10		0,00 – 0,10 mm	0,01 – 0,10 mm	0,00 – 0,15 mm
Farvelag, lysegråt	F9		0,00 – 0,05 mm	0,01 – 0,12 mm	0,00 – 0,05 mm
Kalklag, hvidt	F8		0,00 – 0,15 mm	0,00 – 0,20 mm	0,00 – 0,08 mm
Farvelag, lysegråt	F7		0,00 – 0,05 mm	0,01 – 0,10 mm	0,00 – 0,30 mm
Kalklag, hvidt	F6		0,00 – 0,30 mm	-	-
Farvelag, rødt	F5		0,01 – 0,10 mm	0,2 – 0,8 mm	-
Kalksvumme, stedvis med sand	F4		-	0,05 mm	max. 2,0 mm
Kalksvumme, rødlig (med teglknus)	F3		-	-	max 0,3 mm
Kalksvumme, hvid	F2		-	-	0,8 – 3,2 mm
Kalksvumme, rødlig (med teglknus)	F1		max. 0,7	max. 0,4 mm	0,1 – 1,0 mm
Opmuringsmørtel i murværk	Mørtel		17 mm	27 mm	18 mm

Skema 1: Opbygning af puds, kalk-, farve- og kalksvummelag i tyndslibene af de undersøgte prøver

SEIR – materialeanalyse A/S

LABORATORIUM OG RÅDGIVNING: BETON - MØRTEL - PUDS - NATURSTEN - OVERFLADEBEHANDLING

Opmuringsmørtel: Der er til opmuringen anvendt en meget grovkornet, bindemiddelrig mørtel fremstillet ved brænding af en ren, hvid kalksten, som ud fra strukturen at dømme kan have været Darnien kalksten fra Saltholm (Saltholmskalk).

Som tilslag er der anvendt et meget grovkornet, naturligt sand/grus med kornstørrelse op til 10 mm uden indhold af kalk, humus og okker. Indholdet af korn tilhørende fraktionerne mindre end 0,2 mm er lav. Sandet/gruset er formentligt hentet fra stranden.

Den til pudsningen anvendte mørtel har haft et blandingsforhold svarende omtrent til 1 rummål sand til 2 rummål læsket kalk. Kalken har indeholdt omkring 2% underbrændt kalksten og omkring 22% kalkklumper, hvor af en stor del på nuværende tidspunkt optræder med porøse, svagt carbonatiserede kerner (foto 10).

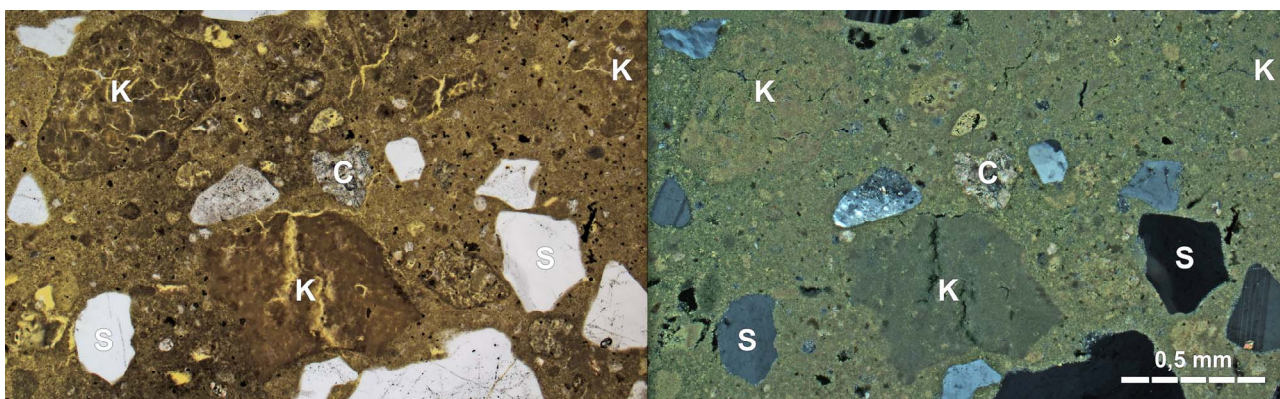


Foto 8 og 9: De to billeder viser samme udsnit af opmuringsmørtelen i prøve 3, men forskellige mikroskopteknikker er anvendt. Bindemidlet af kalk har en brunlig kulør på billedet til venstre og en grønlig kulør på billedet th. Den anvendte kalk indeholder 22% kalkklumper (K) og 2% underbrændt kalksten (C). Mængden af tilsat sand (S) og svarer omtrent til et blandingsforhold som 1 del sand til 2 dele læsket kalk.

De mange kalkklumper og tilstedeværelse af tidligt dannede revner med kalkudfældninger viser, at opmuringsmørtelen formentligt er fremstillet på pladsen ved samtidig læskning af brændt kalksten (stykkalk) og sand/grus. Efter mørtelens indbygning i muren er der sket en forsat læskning af den brændte kalk, hvilket har ført til dannelse af interne revner og udfældning af kalk i revner og på murens overflade under det efterfølgende kalksvummelag F1.

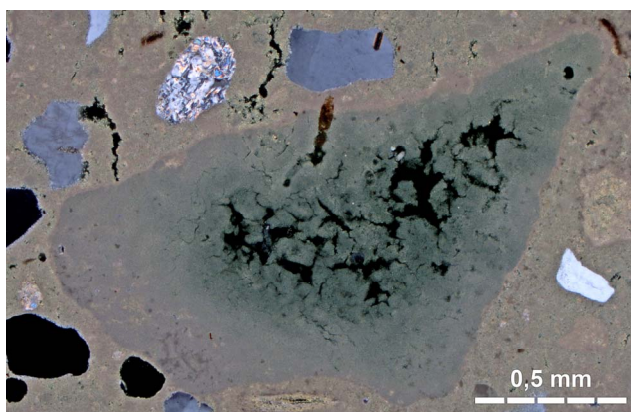


Foto 10: Mange af kalkklumperne viser tegn på kun at have været svagt læskede og efterfølgende kun svagt carbonatiseret. Der er herved opstået en svag, porøs kerne i klumperne, som ses som et mørkt område i kalkklumpen på billedet. Billedet er taget fra prøve 5.

Opmuringsmørtelens sammensætning og struktur er karakteristisk for middelalderlige kalkmørtler op til slutningen af 1600-tallet.

SEIR – materialeanalyse A/S

LABORATORIUM OG RÅDGIVNING: BETON – MØRTEL – PUDS – NATURSTEN – OVERFLADEBEHANDLING

Kalksvummelag: Umiddelbart uden på opmuringsmørtelens (murværkets) overflade er der stedvis bevaret et op til 1 mm tykt rødligt kalksvummelag (F1) tilsat lidt finkornet strandsand og pulveriseret rød teglsten (teglknus) med største kornstørrelse i de undersøgte tyndslib på 0,2 mm. I Prøve 6 er der stedvis observeret to rødlig kalksvummelag med et mellemliggende hvidt kalksvummelag.



Foto 11: Billedet viser et udsnit af det analyserede tyndslib af prøve 6 set i mikroskopet. De tilstedeværende kalk- og farve- og kalksvummelag er markeret med betegnelserne anvendt i skema 1. Centralt i billedet ses et tykt lag kalksvumme (F1) bestående af finkornet kalkmørtel tilsat pulveriseret rød teglsten (T).

Der er ikke observeret tegn på forvitring eller nedbrydning af overfladen på den bagvedliggende opmuringsmørtel. Det rødlig kalksvummelag med teglknus vurderes følgelig at være påført tidsmæssigt kort efter opmuringen af murværket. I Prøve 6 er der observeret to rødlig kalksvummelag med et mellemliggende hvidt kalksvummelag.

Farve- og kalklag: På den eroderede og delvist forsvundne overflade af kalksvummelagene kan der udskilles i alt 12 stk. kalk- eller farvelag med betegnelsen F4 til F16 i skema 1. Til både farve- og kalklagene er anvendt lufthærdende kalk (kalkmælk) som bindemiddel. Bevarede lagtykkelser er op til 0,3 mm, men generelt mindre end 0,2 mm.

De i skema 1 markerede lysegrå farvelag F7, F9 og F11 er tilsat kønrøg og stedvis meget lidt gulorange okker eller rød jernoxid, antageligt for at gøre kuløren mere varm (foto 12).

De lysegrå farvelag F14 og F15 er tilsat findelt trækult som sort pigment og meget lidt gulorange okker.

Det røde farvelag F5 er tilsat rød jernoxid i relativt stor mængde (foto 13).

Det lyserøde farvelag F13 er tilsat rød jernoxid i en noget mindre mængde (foto 13).

Prøve 3 omfatter yderste et lyseblåt farvelag F16 tilsat et blåt pigment af ubestemt type.

SEIR - materialeanalyse A/S

LABORATORIUM OG RÅDGIVNING: BETON - MØRTEL - PUDS - NATURSTEN - OVERFLADEBEHANDLING

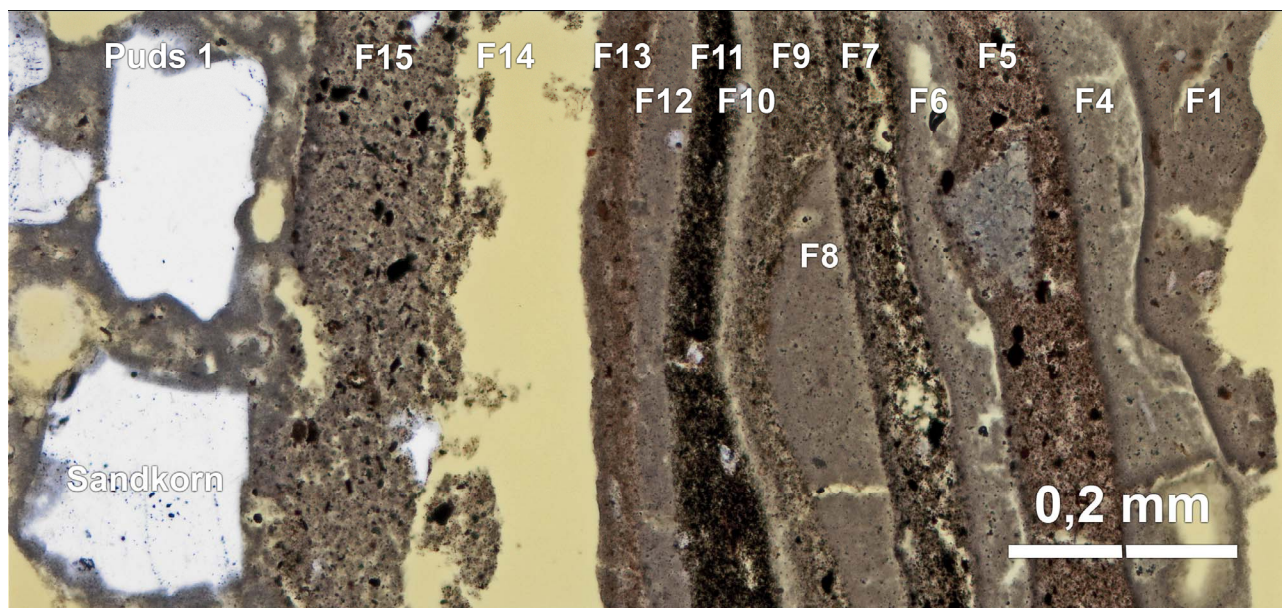


Foto 12: Billedet viser et udsnit af det analyserede tyndslib af prøve 5 set i mikroskopet. De tilstedeværende kalk- og farvelag er markeret med betegnelserne anvendt i skema 1. Bruddet i forbindelse med afskalningen af den cementholdige puds er placeret i farvelag F14 og i kalksvumme F1. Den anvendte mikroskopteknik gør, at billedets kulører er noget misvisende.

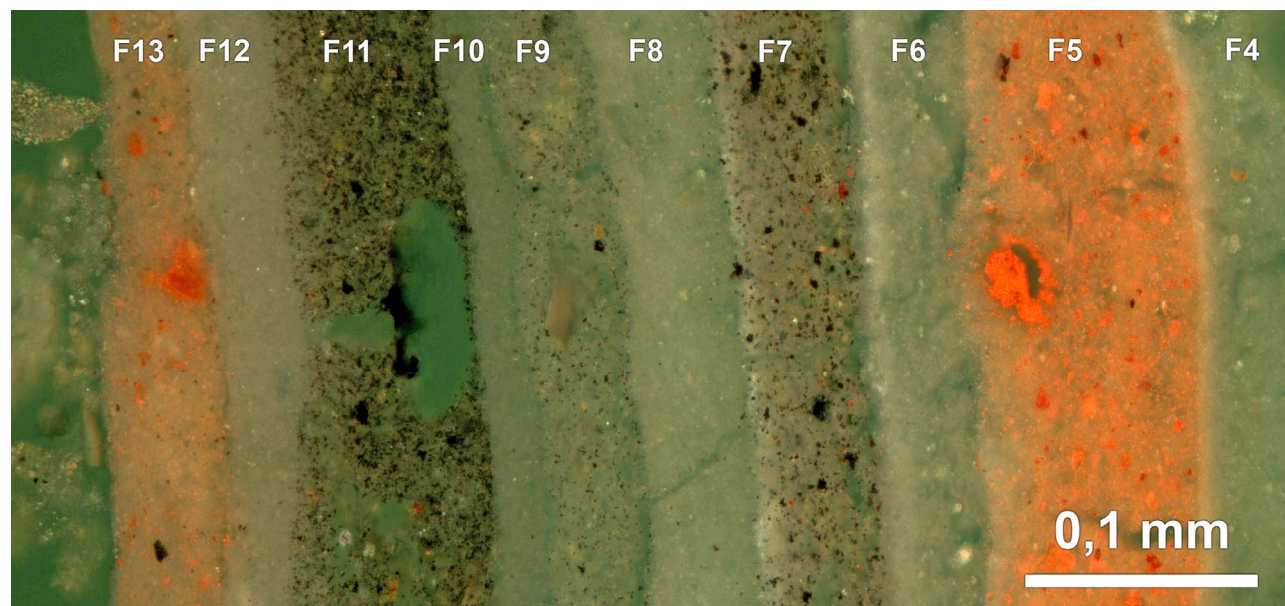


Foto 13: Billedet viser et andet udsnit af kalk- og farvelagene i prøve 5, men billedet er taget med en mikroskopteknik, som gør kulørerne mere retvisende. Der er anvendt rød jernoxid som pigment til farvelag F5 og F13. Til de lysegrå farvelag F7, F9 og F11 er anvendt kønrøg.

SEIR – materialeanalyse A/S

LABORATORIUM OG RÅDGIVNING: BETON – MØRTEL - PUDS - NATURSTEN - OVERFLADEBEHANDLING

Puds 1 og 2: På den eroderede og nedbrudte murflade er der uden på resterne af de ældre kalk- og farvelag påført to lag kalkcementmørtel med skønnet sammensætning som hhv. KC 50/50 (puds 1) og KC 20/80 (puds 2). Som tilslag er anvendt enskornet, fint strandsand. Som cement er anvendt en let uensartet, groft formalet type portlandcement karakteristisk for perioden 1910-1930.

Nedbrydningstegn

Den cementholdige puds udviser stort set overalt tegn på begyndende afskalning med brud i de underliggende, svage kalklag. Overfladeparallele brud er ligeledes observeret i den yderste del af murstenene og opmuringsmørtelen. Stedvis ses omfattende udfældning af gips i revnerne. Bortset fra de yderlige revnedannelser fremstår både opmuringsmørtel og teglsten uden tegn på anormal omdannelse eller nedbrydning.

Helsingør d. 12. september 2014

SEIR-materialeanalyse A/S

Torben Seir