

Havemuren omkring Marienlyst Slotspark

Undersøgelser af ny puds på ældre murværk 2014 - 2020

Konklusioner

Anders Nielsen, Poul Klenz Larsen

August 2020

Fugtmålinger (5 års fugtmålinger (pdf))

Der er blevet målt fugtprofiler 3 eller 4 gange om året i årene 2015 - 2020.

Fugtindholdet varierer mellem 1 og 15 vol% med enkelte udsving op til 18 vol%.

Fugtindholdet i murværket bestemmes i overvejende grad af fugtindholdet i jorden på murens bagside. - Fugtindholdet i jorden er bestemt af nedbøren, fordampningen fra jorden og nedsivningen til de underliggende jordlag. %

Et fugtindhold i murværket på 18 vol% kan omregnes til en vandmætningsgrad i porerne på ca. 56 %, hvilket er langt mindre end den kritiske vandmætningsgrad for frostskafer for tegl og mørtel, som ligger omkring 76 %.

Murværkets saltindhold er målt til < 0,2 vægtprocent, dvs, at det er at betragte som saltfrit.

De nedenfor omtalte skader skyldes at salte trækkes frem fra jorden bag muren og koncentrerer på forsiden.

Fysiske egenskaber og modellering af fugtbevægelserne (Målinger på DTU (pdf))

Der er foretaget målinger af *densitet* og *porøsitet* af tegl og mørtel fra det eksisterende murværk.

Sammenligning med erfaringstal viser, at muren er bygget med gode hårdtbrændte sten og luftkalkmørtel med ret højt kalkindhold.

Måling af *vandpermeabiliteten* af teglmaterialet og de anvendte pudsmaterialer viser, at materialerne er lidt tættere, end det man kan få indtryk af fra lærebøgernes tabeller.

Der er udført simuleringer af fugtbevægelserne i havemuren ved Marienlyst med programmet DELPHIN fra instituttet Bauklimatik Dresden. Trods det, at der i simuleringen er anvendt en meget grov model, og trods det at der er foretaget mange tilnærmelser i fastlæggelsen af de nødvendige materialeparametre, kan modellen anvendes til en rimelig forudberegning af fugtfordelingen i muren sammenlignet med de målinger af fugtfordelingen, som er foretaget i forsøgsperioden.

Der er foretaget en beregning af det såkaldte *fugtledningstal* for de enkelte felter. En grafisk fremstilling viser, som forventet, at højere fugttransporttal, *V*, giver lavere vandindhold, fordi vandet kan slippe hurtigere gennem muren.

Afskalninger (Fotos af felterne 2015 - 2020 (pdf))

Som det ses på fotografierne, er der mange afskalninger på en del af pudsprøverne. Afskalningerne skyldes ikke frost, men derimod krystaltryk fra udkrystallisation af salte, som bliver trukket med vandet fra jorden gennem murens tegl og mørtel og ud mod pudslagene. Dette konkluderes ud fra, at skaderne først begyndte at optræde i 2017, 3 år efter arbejdets udførelse.

Der er kun skader på de tyndeste af pudslagene. Det skyldes, at i et tyndt pudslag vil saltene udkrystallisere lige under pudslaget; når der er tilstrækkelig meget salt presses pudslaget af. - I de *tykke pudslag* vil saltene i de første mange år kunne krystallisere i pudslagets porer uden at gøre skade, jf mekanismen i de såkaldte offerpuds. I tidens løb vil de tykke pudslag blive mere og mere massive; det kan ikke udelukkes, at også de med tiden vil falde af.

Det felt, felt 6, der står uden puds har kraftig afmeling på grund af saltvandringen. Feltet bør snarest pudses.



Murens fremtid

Man kan forestille sig fire scenarier for fremtiden for den del af muren, som ligger uden for prøvefelterne.

Status quo

I forundersøgelsens tyndslibsanalyse er det vist, at der er kalket mange gange siden murens opførelse. Sidst i 1800-tallet er man begyndt at anvendt cement i pudsen, hvorved pudsen bliver meget tæt. Den har man åbenbart repareret på helt op til omkring 1980. Der er kommet flere og flere afskalninger. Dette stemmer med, at det er saltvandringen bagfra, som er årsag til afskalningerne. Hvis man fortsat ikke reparerer, vil den fortsatte saltvandring fra jorden bagved efterhånden få den tynde, cementholdige puds til skalle helt af, således at murstenene står ubeskyttede. De vil efterhånden pulveriseres på grund af afmeling. Det vil vare nogle decennier, inden muren falder sammen, men udseendet vil blive mere og mere miserabelt.

Pletreparation

Hvis man fortsætter med at reparere pudsen, så snart der er hul ind til teglstenene, kan man bevare muren med det nuværende flammede udseende med algebegroning i mange år endnu. Der bør anvendes en af de pudstyper, som er blevet brugt i projektet, ikke ren cementpuds(!).

Pudsning med en 15 - 20 mm tyk puds

Man kan vælge at foretage en afrensning af alt løstsiddende puds og derefter pudse med en af de i projektet anvendte pudstyper i en tykkelse på 20 - 25 mm. Saltvandringen fra jorden bagved da vil fortsætte, men saltene vil udkrystallisere inde i pudsens porer uden at forårsage afskalning. Det er det princip, som udnyttes i de såkaldte offerpuds. Denne løsning vil give et smukt resultat. Det er vanskeligt at forudsige en levetid: De tykkeste af prøvefelternes pudslag er 15 - 20 mm. Der er ingen skader at se endnu.

Fugtisolering og pudsning

Udføres en korrekt fugtisolering med dræn på murens haveside vil man kunne stoppe saltvandringen fra jorden. Derefter udføres en pudsning på forsiden efter murefagets bedste principper. En sådan reparation vil give et smukt resultat og en lang levetid, hvis længde må vurderes ud fra erfaringer fra tilsvarende gamle konstruktioner.