

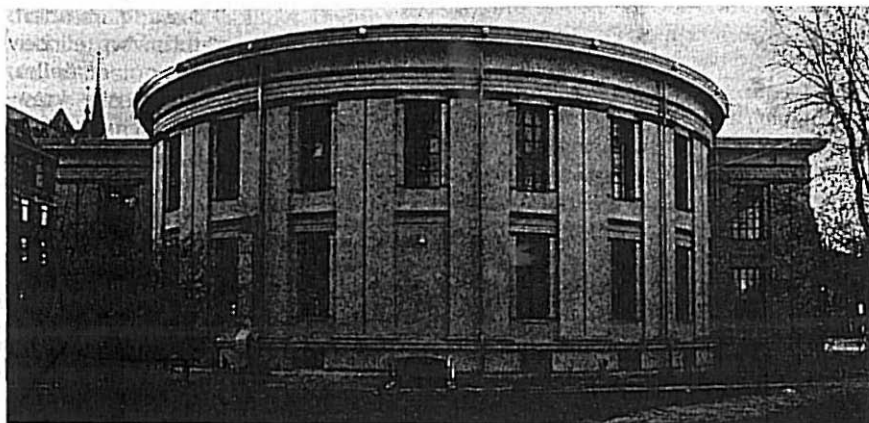
# Puss og maling for fortidens og fremtidens murfasader



### Rehabilitering av Oslo Universitet m.m.

Av siv.ing. Alf M. Waldum  
Norges byggforskningsinstitutt

Særtrykk 290



#### Generell problemstilling

En vesentlig del av dagens norske byggeaktivitet er knyttet til rehabilitering, og innenfor dette arbeidet har den eldre murbebyggelsen en sentral plass. På boligsiden omfatter slik bebyggelse ca. 100 000 boligenheter. I tillegg kommer alle de murte bygninger for offentlige formål, industribygninger osv.

Spesielt i det siste 10-året har aktiviteten på utbedringssiden vært stor. Dette skyldes flere forhold. Bruksendringer ved kontorisering av eldre industribygninger er her én faktor, den generelle velstandsøkningen i første halvdel av 80-årene en annen. I disse årene ble det med større tyngde enn tidligere også reist spørsmål ved de materialer og de utførelsesmetoder som var vanlige ved fasaderehabiliteringer. Dette var en direkte følge av at resultatene av fasadeutbedringen, utført i 1960-70-årene, ofte var lite tilfredsstillende. Ikke sjelden førte rehabiliteringen til at skader oppsto i puss eller teglmurverk kort tid etter oppussing selv om bygningen på forhånd hadde stått f.eks. i 70 år uten større skader.

#### Fasadepuss

Frem til 1919-20 var kalk eneste bindemiddel i fasadepuss. Tilsetning av sement ble først gjort i de mer værharde strøk, men fra slutten av 1920-årene var en blanding av kalk og sement det vanlige «bindemiddel» i all fasadepuss. Fram til ca. 1970 var KCMørtler enerådende i konvensjonell fasadepuss. I de siste 20 årene har mursement spilt en stadig sterkere rolle som bindemiddel i puss.

I dag leveres ca. 20% av konvensjonell pussmørtel i form av fabrikkfremstilt tørrmørtel. I tillegg leverer pussprodusentene en rekke spesialprodukter som edelslemminger, plastbaserte produkter etc. for utvendig bruk.

Karakteristiske egenskaper hos en kalkpuss er stor porøsitet, og vannabsorpsjonen er gjerne langt større enn hos en sementbasert puss. En kalkpuss har imidlertid også evne til en rask uttørring slik at veggens fuktbalanse, i mange tilfeller vil være gunstigere enn ved bruk av en sterkere puss hvor sement utgjør en del av bindemiddelmengden.

En annen karakteristisk forskjell mellom kalk- og sementbasert puss er kalkpussens større evne til plastisk deformasjon. Spesielt eldre murte vegger vil ha bevegelser som en sterk og stiv sementmørtel ikke vil kunne ta opp. En for stiv puss er også en ulempe med bakgrunn i de bevegelser som skyldes naturlige temperatursvariasjoner. Mange mindre heldige fasadeutbedringer skyldes nettopp bruk av en for sterk (sementrik) pussmørtel. Etter kort tid oppstår sprekker rundt pussreparasjonene. Vann trenger inn i veggene via sprekkenes, og veggens fuktbalanse forstyrres.

Ved rehabilitering av bygninger med kalkpuss vil en registrere at pussene kan ha en sterkt varierende kvalitet. På enkelte bygninger kan pussene være nærmest uskadd etter 80 år eller mer, andre steder har pussene et fast overflatesjikt, men en laver fasthet videre innover, eller også kan pussene være nærmest uten fasthet. Stor forskjell i pusskvalitet kan også registreres på samme bygning. De beste kalkmørtler er faktisk påvist på middelalderbygninger.

Kalk spiller i dag en svært beskjeden rolle som bindemiddel i pussmørtel. Til tross for at det altså finnes en rekke eksempler på at kalk bør inngå som en viktig bestanddel i puss på eldre murbygninger, er den generelle holdning at dagens kalkmørtler ikke har de nødvendige bestandighetsegenskaper. Vi kan i dag med andre ord ikke framstille kalkmørtler med de samme gode egenskaper som tidligere. Erfaringer fra reparasjoner av enkelte antikvariske bygninger har støttet opp om slike synspunkter.

I samarbeid med de antikvariske myndigheter har det derfor blitt utført ganske omfattende laboratorieforsøk for å utvikle bedre kalkmørtler. Analy-



ser av gamle kalmørtler inngikk i arbeidet. Resultatene viste at det også med dagens materialer og kunnskaper kan produseres gode kalmørtler selv om det ikke lykkes å lage mørtler på linje med de beste middelalderkvaliteter. En forutsetning for en akseptabel bestandighet var, ifølge forsøksresultatene, at mørtelen inneholdt 10-20% hydraulisk bindemiddel (hydraulisk kalk, silica, trass e.l.). De kjemiske analyser viser at også mange gamle kalmørtler inneholder tilsvarende mengder hydraulisk materiale (trass, aske e.l.).

### Fasademaling

Kalkmalinger er de eldste malinger vi kjenner til. Malingstypens posisjon i dagens byggeri kan sammenliknes med kalkpussens. Fra ca. 1920 ble sement også tatt i bruk som bindemiddel i maling. Disse malinger og silikatmalinger kan betegnes som mineralske malinger, og har bl.a. det til felles at de ikke danner noen separat malingsfilm. Sistnevnte malingstype er kjent fra slutten av 1800-tallet, men har i de siste årtier hatt en liten utbredelse i Norge.

Fra ca. 1955 har akryllatexmaling vart svært mye brukt på pussfasader. Malingen danner en relativt elastisk film og kjennetegnes bl.a. ved god værbestandighet. De såkalte pliolitemalinger (termoplast, styren-akryl) har en markedsandel opp mot latexmalings og har også liknende egenskaper. Begge disse organiske malinger betegnes gjerne som relativt åpne overfor vanndamp. Av de mer damp-tette malinger har alkyd- og alkydforsterket linoljemalinger blitt noe brukt.

Bruk av uegnet maling har i større grad enn uheldig reparasjonsmørtel bidratt til å forstyrre veggens fuktbalanse etter rehabilitering. Et stor antall skader kan altså føres tilbake til uheldig malingsvalg.

### Fasaderehabilitering av sentrumsbygningene Oslo Universitet

#### Kort historikk

Oslo Universitets sentrumsbygninger omfatter 3 større murbygninger og er, med unntak av ett større påbygg, ført opp i løpet av 1870-80-årene. Fasadene er i teglmurverk. Veggtykkelsen varierer noe. Gjennomsnittlig veggtykkelse vil ligge i området 900-1000 mm. Veggene er pusset og malt. Pussen har en lett overflate. Fasadene har gjennomgått flere reparasjoner av ulike omfang. I de første tiårene var byg-

ningene malt med kalkmaling. Senere er det benyttet et sementbasert produkt. Så omkring 1955 ble fasadene for første gang påført en organisk maling - en maling på oljebasis. Denne behandlingen sto fram til ca. 1970 da alle bygningene ble malt om med en latexmaling. På flater med stor sprekkdannelse ble latexmalingen armert med en glassfiberfilt.

Da det i 1986 ble bestemt at det skulle foretas en total rehabilitering av fasadene, ble NBI og TI bedt om å foreta en tilstandsvurdering og å utarbeide forslag til utbedring.

#### Tilstandsbeskrivelse

Ved de innledende besiktigelser ble det klarlagt at fasadene hadde meget store skader i form av kraftig krakelering i puss og uarmert malingsfilm, avskallinger osv. Også der hvor malingen var armert, var krakeleringsmønsteret godt synlig. De fleste riss gikk 2-3 mm inn i puss. Malingen var stedvis skallet av, og under armert maling var partier av puss helt uten fasthet. Generelt for pussens kvalitet var et ytre skall med høyere fasthet.

Først etter malingsfjerning var det mulig å få et reelt bilde av pussens kvalitet. Mens enkelte flater hadde det meste av sin opprinnelig puss i behold, bar andre preg av hyppige og store reparasjoner. For vestre bygning fra ca. 1880 var f.eks. puss på nordvegg i dårligere forfatning enn de øvrige vegger. Reparasjoner var utført med mer eller mindre sementrike mørtler. Skadebildet var generelt påvirket at takrenner og nedløpsrør hadde vært defekte over lengre tid.

Fasadens detaljer (ornamenter, gesimsbånd, border) hadde gjerne omfattende og dype skader. På plane flater ble pusstykkelse opp mot 60 mm målt. Gjennomsnittlig tykkelse lå imidlertid omkring 40-45 mm.

#### Utbedringsalternativer

En grunnleggende forutsetning ved utarbeidelsen av reparasjonsalternativene var at iallfall ett alternativ skulle tilfredsstillende generelle antikvariske krav og samtidig ha gode bestandighetsegenskaper. Laboratorieundersøkelser av pussen viste at pussen var bindemiddelrik og relativt homogen over tykkelsen dersom er ser bort fra et lettere ytre sjikt. Maksimal kornstørrelse på tilslagsmaterialene ble målt til ca. 4,0 mm. (Under selve reparasjonsarbeidet ble det registrert puss med betydelig større tilslagskorn). Trykkfasthet på «intakt» puss ble målt til ca.

2,0 N/mm<sup>2</sup>. I en veggflate finnes imidlertid alt fra uskadet puss til puss uten fasthet.

Fra bl.a. Tyskland er det kjent at kalivannglass er brukt til forsterkning av kalkpuss. Dette ble forsøkt også på prøver fra universitetet. Resultatene viste at det ved en såkalt fiksativbehandling ble oppnådd inntrengningsdybder opp mot 20 mm, en ikke ubetydelig fasthetsøkning (fra ca. 2,0 til 3,0 N/mm<sup>2</sup>), og en forbedret klimabestandighet ved akselerert klimaeksponering. Bestandighetsprøvingen viste at også de ubehandlede prøvene hadde en høyere motstandsevne enn hva man normalt måler for kalkmørtler.

Som allerede nevnt, viser erfaringene generelt at organiske malinger ikke er egnet på kalkpussede fasader. Pusskadene på Oslo Universitet bekreftet dette. Slike malinger er heller ikke forenlig med antikvariske krav. Av de mineralske malinger pekte silikatmaling seg raskt ut som interessant. I 1987 manglet nyere norske erfaringer med malingstypen totalt. Positive svenske resultater forelå imidlertid, og tyske referanser viste at malingsfilmen kan har en meget lang levetid.

Forundersøkelsene resulterte i at 2 alternative utbedringsmetoder ble skissert:

- Fjerning av all maling, alle parasjoner og skadet kalkpuss. Forsterkning av pussens sårkanter med kalivannglass og pussutbedring med en fabrikkfremstilt restaureringsmørtel. Maling med en mineralsk maling fortrinnsvis på silikatbasis.
- Fjerning av all maling og puss inn til tegloverflaten, og en oppbygging med en «moderne» pussbehandling på mursementbasis, men med en mineralsk maling.

En tradisjonell reparasjon med en nedvasking av eksisterende maling, reparasjon av partier med avskalling og ommaling med ny organisk maling ble vurdert å gi en fortsatt rask nedbryting av puss.

Fra byggherresiden ble det raskt bestemt at prinsippene i alternativ A skulle følges.

#### Utbedringsmaterialene

For pussreparasjonen ble valgt en fabrikkfremstilt mørtel basert på hydraulisk kalk og luftkalk som bindemiddel og med natursand som tilslagsmateriale. Sammensetning KK<sub>1</sub> 40/60 med 500 kg tilslagsmateriale pr. 100 kg bindemiddel. Normalmørtelen hadde en

maksimal kornstørrelse på 3,0 mm, mens kvalitet «fin» hadde maksimalt 1 mm korn. Laboratorieforsøk viste at mørtelen hadde en god bestandighet ved akselerert klimatesting. Den ferske mørtels luftinnhold ble målt til 16-18%, og trykkfastheten under gunstige herdningsbetingelser vil ligge i området 2,5-3,0 N/mm<sup>2</sup>.

For sluttbehandling ble valgt en silikatmaling. Malingstypen er i dag relativt lite kjent i norsk byggeri. Binde- middelet er kalivannglass, og malingen stammer fra Tyskland hvor den ble patentert for ca. 100 år siden.

Kalivannglass framstilles ved sammensmelting av kvartssand og kaliumkarbonat. Ved å tilføre overopphetet vann under trykk, fås en vannig kolloidal løsning av kaliumsilikat. Under påvirkning av kulldioksyd (CO<sup>2</sup>) fra luften, dannes en kiselsyregel hvis krystaller blir kvarts. Malingens bindemiddel kan derfor sies å være «flytende kvarts». Dette herder kjemisk til mineralske underlag.

En vannglassmaling er sterkt alkalisk (pH = 13). Malingen har vist at alkaliteten synker svært langsomt selv i forurenset, surt miljø. Dette betyr bl.a. at malingsfilmen vil nøytralisere sur nedbør som f.eks. svovelsyring og altså fungere som et offersjikt med stor kapasitet. Malingsfilmen oppgis samtidig å være åpen for diffusjon av kulldioksyd. Dermed er grunnlaget for en fortløpende karbonatisering av kalkholdig puss til stede. Når det gjelder malingstypens fuktekniske egenskaper på et mineralsk underlag, skal det her kort pekes på at vannglasset vil trenge inn i underlagets porer hvor det omdannes til kiselgel i krystallinsk form. Malingsfilmens porer vil være langt mindre enn pussens porer. Dette betyr at fuktinntrengningens hastighet reduseres i regnerioder samtidig som økningen i effektiv overflate gir en økt forundstningshastighet i tørkeperioder.

#### Arbeidsutførelsen

En silikatmaling krever et rent og sugende underlag som i prinsipp ikke har rester av organisk maling. Etter å ha foretatt flere prøver med malingsfjerning, ble en stående med en metode hvor en løsningsmiddelbasert malingsfjerner ble sprøytet på veggflaten. For avspyling ble brukt en høytrykkvasker med varmt vann og et trykk opp mot 150 bar. På enkelte veggpartier var det nødvendig å behandle flaten i flere omganger. Dette hang i noen grad sammen med at arbeidet



Foto 1

ble utført ved varierende lufttemperatur, og effekten hos malingsfjernerne reduseres ved lavere temperatur.

En malingsfjerner som skissert vil alltid gi betydelige mekaniske påkjenninger på underlaget. Ved spylingen ble både frostskaadet og svak puss for øvrig effektivt fjernet, mens intakt pussflate ikke fikk skader. Det skal her nevnes at store partier med svak puss også ble hugget bort før malingsfjernerne tok til.

Etter høytrykkspylingen kunne de tidligere pussreparasjoner påvises. På gjort flate f.eks. se ut som vist på foto 1. Alle eldre pussreparasjoner ble hugget ned. Felles for disse mørtler var at de inneholdt større eller mindre mengder sement. Krakelert puss med god fasthet ble beholdt. Etter at all uønsket puss var hugget ned, ble sårkantene behandlet med en blanding av «fiksativ» og vann i 2 operasjoner for å binde eventuelle løse korn og gi en generell forsterkning.

Pussmørtelen ble blandet i vanlig tvangsblender i 7-8 minutter. Mørtelens bearbeidbarhetsegenskaper ble vurdert som meget gode (blanding 1 liter vann pr. 5 kg tørrmørtel). Mørtel med maksimal kornstørrelse 3 mm ble brukt både for grunning og grovpuss. Det ble tidlig klarlagt at mørtelen krever en god forvanning, og pussel flate må holdes våt ved vanning i minst 3 døgn. Videre vil påkast i tykkelser over 10 mm lett gi svinnsprekker. Dette innebar at pussene på Oslo Universi-

tet enkelte steder måtte påføres i hele 4-5 operasjoner (1 døgn mellom hver operasjon). For sluttbehandlingen ble brukt kvalitet «fin» med maksimal kornstørrelse 1 mm. Denne mørtelen ble av utførende karakterisert som litt for «grov og kort» til å gi en helt fin overflate slik vi kjenner den med vanlig finpuss.

Ferdig reparert pussflate hadde en del fine riss og porer. Dette ble det tatt hensyn til ved sammensetningen av silikatmalingen. Som fyllstoff ble benyttet finmalte kvartskorn (Kristall - Felsit). Jo mer porete jo større andel fyllstoff i 1. og eventuelt 2. behandling. I det avsluttende 3. strøket settes alltid malingen sammen av pigment og kalivannglass (fiksativ).

Som allerede nevnt, er erfaringene med silikatmalinger i Norge svært begrenset. Dette gjorde det nødvendige med opplæring av håndverkerne. Malingen må f.eks. blandes til dagen før bruk. Påføringen må videre skje i hele veggens høyde uten lengre stopp (fuktig skjøl). Der hvor større veggflater ikke har naturlige vertikale avgrensninger, vil dette innebære behov for mange håndverkere. Malingen skal påføres med brede hvitingspensler, og ved første strøk benyttes såkalt villstrykning for å få malingen inn i alle porer i underlaget. Normalt tidsrom mellom hvert enkelt strøk ca. 1 døgn da flikking av ferdigmalte flater lett gir fargeforskjeller. For tetting av hull i veggflaten etter stillasbolter e.l., er det

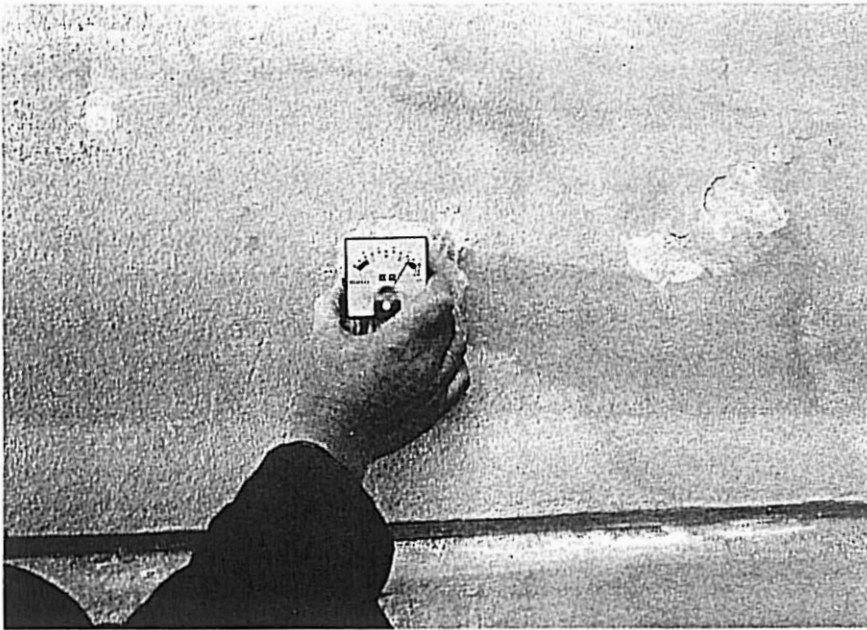


Foto 2

utviklet spesielle plastplugger. Disse er malt på forhånd og dekkmales i forbindelse med avsluttende behandling etter at de er slått inn. På denne måten ble hullreparasjonen nærmest usynlig.

En absolutt forutsetning for et vellykket resultat ved bruk av silikatmaling er at luftens og flatens temperatur er høyere enn +5°C ved påføring og det første døgnet etterpå. Da rehabiliteringen på Oslo Universitet skulle foregå kontinuerlig, innebar dette at tildekking og oppvarming var nødvendig. Stillaset ble bygget med et «permanent» tak av armert gjennomskinnelig plastduk. I sommerhalvåret ble det på utsiden av stillaset hengt en finmasket netting. Når lufttemperaturen begynte å synke, ble hele stillaset tildekket med armert, gjennomskinnelig plast. For å holde temperaturen oppe på akseptabelt nivå, ble det benyttet 2 dieseldrevne bygningsvarmere med en effekt på ca. 20 kW. Fra disse ble det tatt ut varmluft på hvert stillasnivå. Noe elektrisk oppvarming ble også brukt. På den kaldeste årstiden ble malerarbeidet utført i etapper hvor 3-500 m<sup>2</sup> ble avstengt og oppvarmet. Med den utrustning lyktes det å tilfredsstille de temperaturkrav som må settes ved bruk av silikatmaling.

Rehabiliteringsarbeidet på den siste av de 3 bygningene ble avsluttet rett før jul 1988. Da var ca. 10 000 m<sup>2</sup> brutto flate rehabilitert.

#### Vurdering

Det har nå gått fra 1½ til 3 år siden rehabiliteringen ble avsluttet. Forventningene som ble stilt, er i all hovedsak innfridd. Ikke uventet kan veggflatene sies å ha en tendens til fargeskjolding. Dette er imidlertid med på å gi fasadene det liv som er typisk for mineralske behandlinger.

På helt lokale partier har noe av malingen skallet av. Slike skader kan imidlertid føres tilbake til to forhold:

1. På steder hvor defekte nedløpsrør i lengre tid har fuktet opp murverket, var underlaget så fuktig ved ma-



Oppklisting/fjerning av plakater gir malingskader

lingspåføringen at en tilfredsstillende inntrengning ikke ble oppnådd. Ved uttørring av veggen etter maling, har salter krystallisert dels på malingens overflate, dels i ytre pussjikt (foto 2). En var, allerede før det ble malt, klar over at problemer av denne art kunne oppstå. Den tørketiden som her ville vært nødvendig, var det i praksis ikke mulig å legge inn i fremdriften.

- En utbedring av disse malingskader vil skje i løpet av sommeren.
2. På sydvestre hjørne av vestre bygning finnes mindre avskallinger på sokkelen. Disse skyldes «startvansker» i forbindelse med oppvarming av veggflate og luft. En tilfredsstillende herding av malingen ble derfor ikke sikret.

#### Andre anmerkninger:

- Enkelte vertikale riss kan registreres.
- Noen pussreparasjoner er lett synlige i sterkt sollys.
- Oppklisting/fjerning av plakater gir malingskader.

#### Sluttord

Ved rehabiliteringen av fasadene på sentrumsbygningene Oslo Universitet ble det valgt materialer som er lite brukt i dagens norske byggeri. Spesielt kalkbasert puss, men også i noen grad silikatmaling ble imidlertid brukt i gårdagens byggeri. Erfaringene fra Universitetets rehabilitering tilsier at materialene igjen trekkes inn som interessante alternativer til dagens løsninger. Kalkpuss med en mineralsk maling vil tilfredsstille generelle antikvariske krav og bør derfor naturlig komme inn ved kulturhistoriske bygninger. Det samme vil langt på vei også gjelde for silikatmaling. Løsningen vil imidlertid etter forfatterens mening også være teknisk riktig for en rekke andre bygninger som f.eks. flere typer murte bygninger med KC-puss.

Både ved puss- og malerarbeidet var det nødvendig å anvende arbeidsteknikker som avviker fra dagens rutiner, og det ble i tillegg stilt svært strenge krav til nøyaktighet i utførelsen. Dette ble tydeligvis tatt imot som en inspirerende utfordring av håndverkerne. På alle plan ble det utvist en sterk interesse for å oppnå et positivt resultat. Hadde man en følelse av å arbeide ikke bare med fortidens, men også med fremtidens materialer?

