



Norges miljø- og biovitenskapelige universitet
Fakultet for miljøvitenskap og teknologi
Institutt for matematiske realfag og teknologi

Masteroppgave 2014
30 stp

Rehabilitering av pussede fasader med hydrauliske kalkmørtler

Geir Alexander Gudmundsen

1 Forord

Denne masteroppgaven er utført for institutt for matematiske realfag og teknologi ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Oppgaven er det avsluttende eksamensarbeidet for "Master i teknologi". Arbeidet er gjennomført våren 2014 og utgjør 30 studiepoeng. Målet med denne oppgaven er å se nærmere på rehabilitering av pussede fasader med hydrauliske kalkmørtler.

2 Bistandserkjennelse

Forfatteren av masteroppgaven har i løpet av utarbeidelsen mottatt faglig veiledning fra NMBU's Professor Tormod Aurlien.

Forfatteren er takknemlig for bistand, informasjon og tilretteleggelse underveis som ble gitt av:

- Sintef v/ Christian Engelsen
- Sivilingeniør Finn Madsø
- Einar Stange AS v/ Kjell Randen
- XK entreprenør AS
- Murmester Hansteen, Eriksen og Sønner AS

.....
Geir Alexander Gudmundsen

3 Sammendrag

Mørtel er et byggemateriale som har tradisjoner flere tusen år tilbake i tid. Det har i årevis blitt brukt til å lime stein sammen til sterke konstruksjoner, og mørtelpuss har blitt brukt til å beskytte mot nedfukting og gi underlaget en fin struktur.

Ved reparasjoner av pussede fasader har vi i ettertid dessverre sett alt for mange skader på pussen som skyldes ukritisk bruk av mørteltype. På de gamle pussede kalkfasadene blir de moderne sementmørtlene for sterke, og pussen faller av fasaden.

Hydrauliske kalkmørtler kan egne seg godt til rehabilitering av eldre bygg som er pusset med kalkpuss. Fordelen med å bruke en hydraulisk kalkpuss ved slike arbeider er at den ikke er så temperaturømfintlig, og herdeprosessen går raskere.

4 Summary

Mortar is a construction material that has a tradition thousands of years back in time. It has for years been used to bond the stone together into strong structures, and mortar plaster has been used to protect against moisture, and give the surface a nice texture.

When repairing plaster facades, we unfortunately seen too many injuries to the plaster caused by indiscriminate use of mortar types. In the old lime plaster facades, the modern cement mortars are too strong. This result in plaster falling off the facade.

Hydraulic lime mortars may be well suited to the rehabilitation of older buildings. The advantage of using a hydraulic lime plaster by such works is that it is not as temperature sensitive, and the curing process is faster.

5 Innholdsfortegnelse

1 Forord	2
2 Bistandserkjennelse	2
3 Sammendrag	3
4 Summary	3
6 Innledning.....	6
6.1 Prosjektbeskrivelse.....	6
6.2 Litteraturstudie.....	6
6.3 Etablering og gjennomføring av casestudium.....	6
6.4 Formål/ hensikt	6
7 Metode	7
7.1 Kvantitative metoder.....	7
7.2 Kvalitativ metode	7
7.3 Valgt metode	7
8 Teori	8
8.1 Historikk om mørtel.....	8
8.2 Ulike mørteltyper	9
8.3 Hva er hydraulisk kalk?.....	11
8.4 Herdning av hydraulisk kalkmørtel	12
8.5 Rehabilitering med bruk av hydraulisk kalkmørtel	13
8.6 Skader på pussede fasader	17
8.6 Aktuelle prøve- og undersøkelsesmetoder.....	19
9 Casestudie	21
9.1 Problemstillinger:	22
9.2 Observasjoner.....	23
9.3 Skadeårsaker	28

10	Diskusjon	30
10.1	Årsaker til at hydrauliske kalkmørtler er lite brukt	30
10.2	Skadeårsaker	30
10.3	Arbeidsprosessen rundt bruk av hydrauliske kalkmørtler	31
11	Konklusjon	32
12	Referanser	33
13	Vedlegg.....	34

6 Innledning

De senere år har man sett store skader etter utført rehabilitering på murbygg, særlig gjelder dette eldre byggverk. En av årsakene til dette er at det har blitt benyttet en for sterk mørtel til utbedringsarbeidet. I denne oppgaven har jeg sett nærmere på bruk av hydrauliske kalkmørtler til rehabilitering av pussede fasader, skadeårsaker på pussene, og hvorfor hydrauliske kalkmørtler er så lite brukt.

6.1 Prosjektbeskrivelse

Masteroppgaven ble inndelt i flere forskjellige faser. De aktivitetene som har blitt gjennomført er:

- Litteraturstudie
- Casestudie
- Lab-forsøk
- Identifisering og gjennomgang av funn i caseprosjekt, litteratur og lab-forsøk
- Rapportskriving

6.2 Litteraturstudie

Det er skrevet mye litteratur om bruk av mørtel, jeg har som oppgavens tittel skisserer valgt å holde hovedfokus på hydrauliske kalkmørtler.

6.3 Etablering og gjennomføring av casestudium

I casestudiet har jeg tatt utgangspunkt i et bygg i Oscarsgate 31 i Oslo. Her skal to av byggets fasader pusses med en NHL-mørtel.

6.4 Formål/ hensikt

Formålet med casestudiet er å lære mer om arbeidsprosessen rundt bruk av hydrauliske kalkmørtler, og prøve å finne ut av skadeårsakene til den gamle pussene.

7 Metode

Metode er et verktøy for å planlegge arbeidet, det vil si hvordan man skal gå frem for på beste måte oppnå hensikten med arbeidet. Etter at grunnlaget for ide og litteratur er lagt, og problemstillingen er utformet, må vi undersøke hvilke metoder vi kan benytte oss av. De to aktuelle forskningsmetodene er kvantitativ og kvalitativ metode.

7.1 Kvantitative metoder

”Kvantitativ tilnærming er strukturert og systematisert. Den går i bredden og tar sikte på å formidle forklaringer. Ved bruk av kvantitativ metode kan informasjon formes til målbare enheter. Dette muliggjør statistiske beregninger.”[1]

Kvantitativ metode benyttes når en ønsker breddekunnskap, teste hypoteser eller å finne årsakssammenhenger. Denne metoden preges av harde, målbare tall. Standardiserte og strukturerte spørreskjemaer der teoretiske variabler gjøres om slik at de kan måles med tall.

7.2 Kvalitativ metode

”Kvalitativ metode har til hensikt å fange opp mening og opplevelse som ikke lar seg tallfeste eller måle. Den kvalitative tilnærming går i dybden og har som formål å få frem sammenheng og helhet. Den tar sikte på å formidle forståelse.”[1]

Med denne metoden er man mer interessert i å finne hva som fins, enn hvor ofte det fins. Her benytter man seg av intervjuguiden, feltobservasjoner og dokumentanalyser. Intervjuguiden er en huskeliste som justeres fra person til person. Det følges ikke et fast oppsett som i en kvantitativ spørreundersøkelse. Observasjon kan gjøres både åpent og skjult.

Samtaler i felt er å foretrekke fremfor intervju. Etter å ha gjennomgått en observasjon må man ofte snakke med aktørene for å avdekke meninger.

7.3 Valgt metode

Med min problemstilling virker det naturlig å gjennomføre en kvalitativ studie. Jeg er mest opptatt av det som fins, ikke hvor ofte det fins. Metoden jeg vil bruke er et casestudium, der jeg er tilstede på et rehabiliteringsprosjekt med bruk av hydrauliske kalkmørtler. Her kan jeg observere og snakke med de utførende håndverkerne.

8 Teori

8.1 Historikk om mørtel

Mørtel er et byggemateriale som har tradisjoner flere tusen år tilbake i tid. Det har i årevis blitt brukt til å lime stein sammen til sterke konstruksjoner. Mørtelpuss har blitt brukt til å beskytte mot nedfukting, og gi underlaget en fin struktur.[2]

Vitruvius var en arkitekt og arkitekturteoretiker med stor innflytelse på utviklingen av mørtel og murverk. Han skriver i sitt bokverk fra ca. 20 år f.Kr. om betydningen av å bruke riktig mørtelsand, og anbefaler blandingsforhold for kalkmørtler avhengig av sandtype. Han skriver også om hydrauliske tilsetningsstoffer som knust tegl og pussolaner.[3]

De første århundrene e.Kr. ble store bygninger og bymurer ført opp i murverk av naturstein og tegl. Flere av disse konstruksjonene ble murt med mørtler som inneholdt hydrauliske bestanddeler.[3]

Mørtelen har opp til 1900-tallet hovedsakelig bestått av en blanding av lesket kalk og sand. Rundt dette århundret ble bruk av hydraulisk kalkmørtel mer vanlig her i landet, selv om det i likehet med vanlig kalkmørtel har blitt brukt i middelhavslandene i tusener av år. Fra ca 1900 begynte man også å forsterke kalkmørtelen med sement, og på 1960-tallet kom mursementmørtelen som vi i dag vanligvis benytter på nye byggverk.[2]

8.2 Ulike mørteltyper

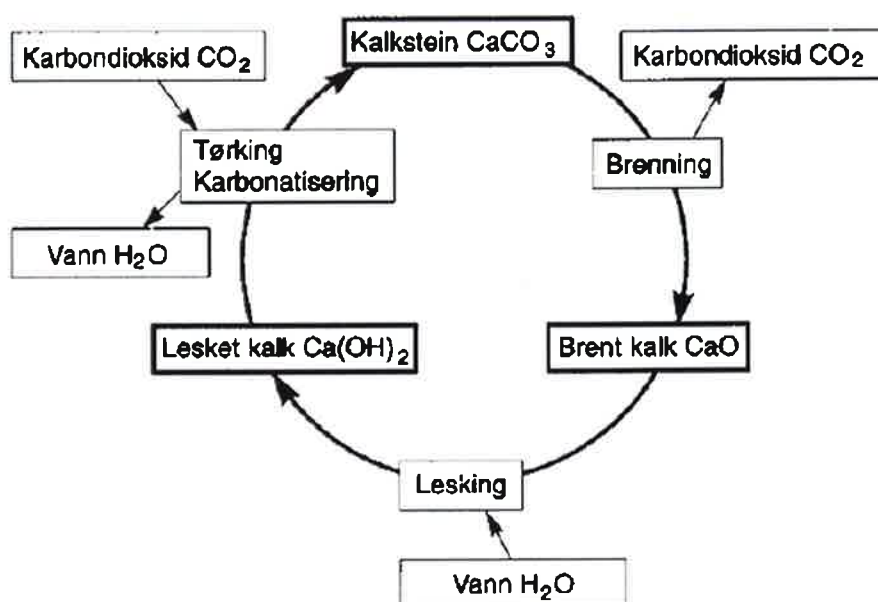
Det er en del ulike mørteltyper å velge blant avhengig av bruksformålet.

Her er en kort beskrivelse av de vanligste mørteltypene:

Kalkmørtel (K-mørtel)

Dette er den tradisjonelle mørtelen som er brukt i tusenvis av år. En blanding av lesket kalk og sand. Hydratkalk fremstilles ved brenning av kalkstein som deretter leskes. Kalksteinen består i all hovedsak av kalsiumkarbonat (CaCO_3). Karbondioksid (CO_2) i lufta vil reagere med lesket kalk (Ca(OH)_2) i en prosess som kalles karbonatisering og som gjør at kalken føres tilbake til kalkstein. Det er karbonatiseringsprosessen som er grunnen til at vanlige kalkmørtler oppnår sin styrke.[3]

Denne kalken lages i form av pulver, en deigmasse kjent som kulekalk, eller som kalkmel.[4]



Figur 1: Kjemiske prosesser ved brenning og herding av kalk[3]

Hydraulisk kalkmørtel (KKh-mørtel)

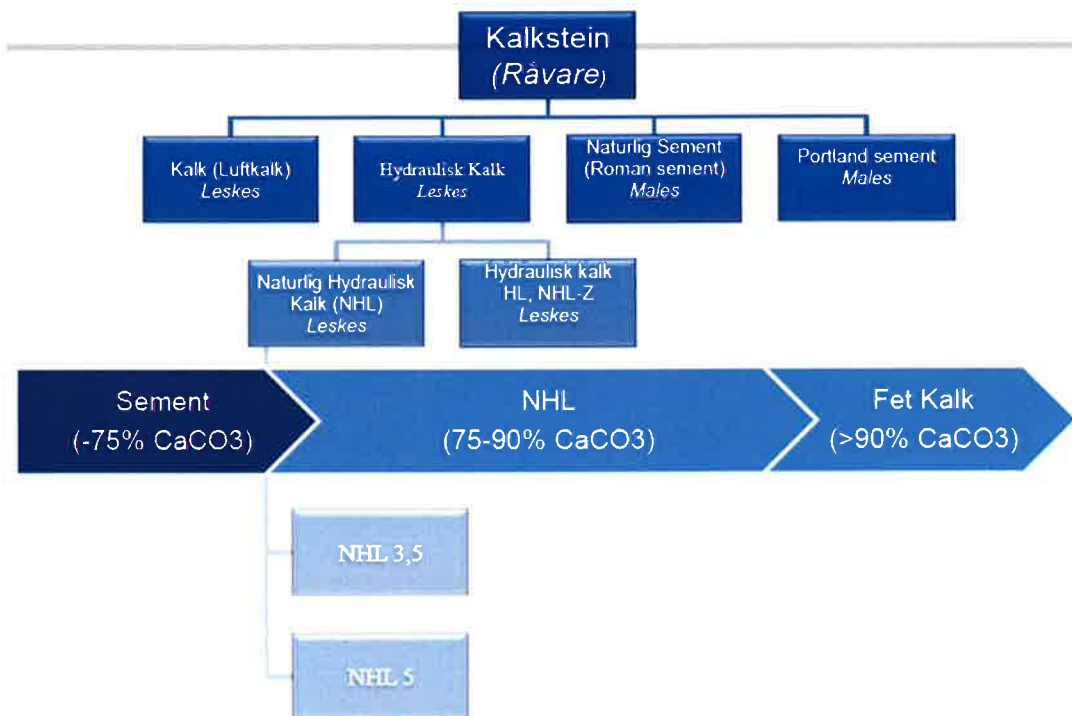
Dette er en kalkmørtel med tilsetning eller innhold av hydraulisk materiale. Dette medfører en herding både ved hydratisering og karbonatisering. Hydraulisk kalkmørtel er nærmere beskrevet senere i oppgaven.[3]

Kalk/semment-mørtel (KC-mørtel)

Dette er en mørtel med innhold av kalk, sement og natursand i ulike forhold. Den er betydelig sterkere enn de to foregående mørteltypene.[2]

Mursementmørtel (M-mørtel)

Dette er en mørtel laget av sement, hydratkalk, natursand og andre tilsetningsstoffer. Mursementmørtelen er den mørtelen som er mest brukt til murarbeid på nybygg i dag. Hovedsakelig brukt mellom ulike blokkprodukter og tegl, men den ble tidligere brukt mye til å pusse med også.[2]



Figur 2: Ulike bindemidler[5]

8.3 Hva er hydraulisk kalk?

”Hydraulisk kalk er kalk som har en viss evne til å herdne under vann. Dette skyldes at det også finnes leire i kalksteinen som brennes. Den brente kalken vil dermed inneholde en del sure stoffer som lar seg løse i saltsyre. Viktigst av disse stoffene er silisiumoksid(SiO_2), men også aluminiumoksid (Al_2O_3), og jernoksid(Fe_2O_3) er viktige forbindelser. Stoffene reagerer med brent kalk, kalsiumoksid, CaO , og magnesiumoksid, MgO , og danner silikater, aluminater og ferritter.

Fremstillingen av hydraulisk kalk er ikke knyttet opp mot bestemte grenser for råmaterialets sammensetning. En kan dermed ha hydrauliske kalktyper med veldig ulike egenskaper. Avhengig av råstoffets kalkinnhold inneholder det ferdige produktet ulike mengder brent kalk, og dermed ulike mengder hydraulisk materiale. Mengden av hydrauliske materialer bestemmer mørtelens herdningsfasthet og sluttfasthet.

De fleste brente hydrauliske kalker inneholder en betydelig mengde finfordelt, brent kalk. Ved å tilsette riktig mengde vann, vil slik kalk leskes til et fint pulver, men leskeprosessen foregår mindre voldsomt enn for en brent hydratkalk.

Et alternativ til å framstille hydraulisk kalk ved brenning av leirholdig kalkstein, er å tilsette en hydraulisk komponent til en lesket hydratkalk. Slike tilsetninger inneholder kiselsyre som for eksempel teglmel, trass, brent alunskifermel eller flyveaske. En hydraulisk kalk fremstilt på denne måten kalles også for pussolankalk.”[3]

Det finnes ifølge EN-459 tre typer hydraulisk kalk, dette er:

- **Naturlig hydraulisk kalk(NHL)**

”Dette er en leirholdig eller silikaholdig kalkstein som er brent og tørr-lesket. Under leskingen tilsettes bare den vannmengden som gjør at den brente steinen findeles til pulver. For å kunne kalle det ferdige produktet NHL er det ikke tillatt å tilsette annet hydraulisk materiale.

Naturlig hydraulisk kalk klassifiseres i forhold til trykkstyrken etter 28 dager uttrykt i MPa(N/mm²). Vi har NHL 5, NHL 3.5 og NHL 2.”[6]

- **NHL-Z**

”Hvis produktet er tilsatt pussolaner, trass, flyveaske eller annet hydraulisk materiale skal det merkes med en Z. Det er kun tillatt at en NHL-Z inneholder maks 20% av en annen hydraulisk binder.”[6]

- **HL**

”HL (hydraulic lime) er en blanding av Kalsiumhydroxid, KalsiumSilikat og KalsiumAluminat. Dette produktet bør ikke brukes til restaurering av historiske bygninger da det også kan inneholde en del andre tilsetninger som blant annet sement.”[6]

Det kan være verdt å merke seg at vanlig portlandssement lages av de samme råvarene som hydraulisk kalk, men brennes ved en høyere temperatur (Over 1250 °C). [3]

8.4 Herdning av hydraulisk kalkmørtel

En hydraulisk kalkmørtel herder både ved karbonatisering og hydratisering. Dette vil si at den herder ved kontakt med fuktighet(hydratisering). Mørtelen inneholder også en del fri kalk som herder ved kontakt med luftens karbondioksid(karbonatisering). [3]

Blandingen av fuktighet og kalkpulver medfører at det dannes en limlignende substans. Partiklene i den limlignende substansen er svært små, og samlet har partiklene en meget stor overflate. Den store overflaten tiltrekker seg vannmolekyler og den limlignende massen absorberer dem. Dette medfører at bevegeligheten til den enkelte partikkel blir begrenset. Dette igjen medfører til en sammenlenking av den limlignende substansen og dermed en skjelettoppbygging i massen.[3]

”Hydratiseringsprosessen går relativt raskt (fra noen timer til noen døgn) slik at det i en masse av langsomt karbonatiserende kalk vil oppstå et skjellet av bindinger. Jo større andel hydraulisk reaktive komponenter i forhold til kalkmengden, jo sterkere blir skjellettet og dermed også mørtelen.”[3]

Under herdeprosessen er det viktig å holde mørtelen fuktig, og samtidig sørge for tilførsel av karbondioksid for å oppnå et godt sluttresultat. En 10-15 millimeter tykk kalkpuss trenger minst 2 måneders herding før den kan utsettes for frost, mens en hydraulisk kalkpuss trenger ca halve tiden.[4]

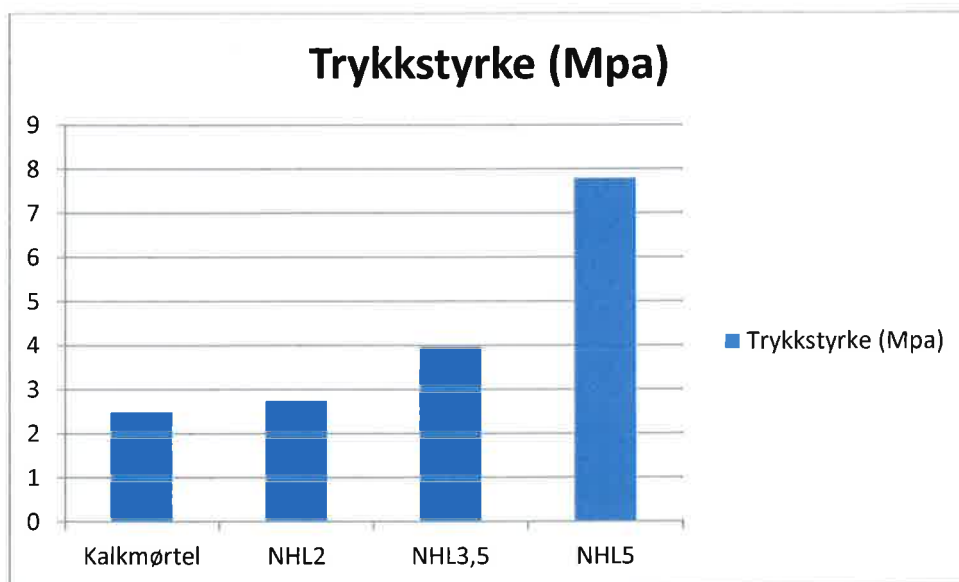
8.5 Rehabilitering med bruk av hydraulisk kalkmørtel

Rehabilitering av murbygg vil alltid være aktuelt. Hydraulisk kalkmørtel vil stort sett vurderes brukt ved rehabilitering av eldre bygg. Disse byggene er hovedsakelig murt opp med teglstein, selv om enkelte av byggene også kan være murt med steinblokker. Hvis bygget er oppført før år 1900 er bindemiddelet i mørtelen mest sannsynlig en tradisjonell kalkmørtel, i hvert fall her i landet. Skal man være helt sikker på sammensetningen av den eksisterende mørtelen kan man sende inn en prøve av den til analyse. Dette blir sjelden gjort da det er kostbart.[2]

Den tradisjonelle kalkmørtelen er en svak mørtel når det kommer til trykkstyrke, så valg av en hydraulisk kalkmørtel med lav trykkstyrke er veldig viktig. Kalkmørtelen har også en lav E-modul som man også kan oppnå ved bruk av hydraulisk kalkmørtel. For å velge riktig mørtel til rehabiliteringen bør man derfor studere data for mørtelen man vurderer å rehabiliterer med, og velge en mørtel som er så lik den eksisterende mørtelen som mulig.[7]

Det er mest riktig å bruke en vanlig kalkmørtel til slike rehabiliteringsarbeider, men en hydraulisk kalkmørtel kan også benyttes ved å velge riktig blandingsforhold. Fordelen ved å velge en hydraulisk kalkmørtel er at den ikke er så temperaturømfintlig som rene kalkmørtler, og den herder raskere.[4]

I Diagrammet under ser man sammenligningen av trykkstyrken til en ferdigblandet kalkmørtel[8], og en hydraulisk kalkmørtel blandet i forholdet 1 del NHL til tre deler sand.[9]



Figur 3: NHL2 og kalkmørtel med relativt lik trykkstyrke

Tidligere studier[10] viser at en blanding med bruk av NHL2 i riktig forhold har meget like egenskaper som en tradisjonell kalkmørtel. Denne pusstypen kan derfor brukes der man bevarer mye av den gamle pussen.

Diagrammet viser også at vi må være oppmerksomme på og ikke bruke en for sterk blanding med NHL da trykkstyrken øker markant ved sterkere blandinger. En blanding med NHL3,5 egner seg best til bruk der all pussen hugges ned til teglsteinen, og det er minimalt med gammel puss som bevares.[10]

Her har jeg sammenlignet et utdrag fra en 24 måneders test av mørtel[9]. NHL-mørtelen er NHL3,5 blandet i forholdet 1 del NHL med 2 deler sand. KC-mørtelen er en mørtel med 1 del sement 1 del hydratkalk og 6 deler sand.

	NHL- mørtel	KC-mørtel
E-modul – Mpa		
28 dager	9010	16200
6 måneder	16250	22010
12 måneder	15280	22210
24 måneder	17480	22150
Bøyestyrke - N/mm²		
7 dager	0,43	2,05
28 dager	0,73	1,95
6 måneder	2,18	2,10
12 måneder	2,25	2,20
24 måneder	2,6	2,20
Trykkstyrke – N/mm²		
7 dager	0,75	5,02
28 dager	1,88	7,70
6 måneder	7,10	8,10
12 måneder	7,50	8,70
24 måneder	8,63	8,50
Permeabilitet (gram luft x m² x time x mm x Atm)	0,64	0,23
Svinn etter 28 dager (mm. m)	0,59	0,63
Vannabsorbering (L.t:m²)	4,50	0,23
Kapillærsuging (gr. min.)	1,18	1,08

Vi ser av sammenligningen i tabellen at alt går raskere med mursementmørtelen. E- modulen er hele tiden lavere for NHL-mørtelen enn for mursementmørtelen. Jo høyere E-modulen er, jo stivere er materialet. Lav E-modul i mørtelen er derfor en fordel med tanke på setninger, og få den til å samsvare med gammel kalkmørtel.

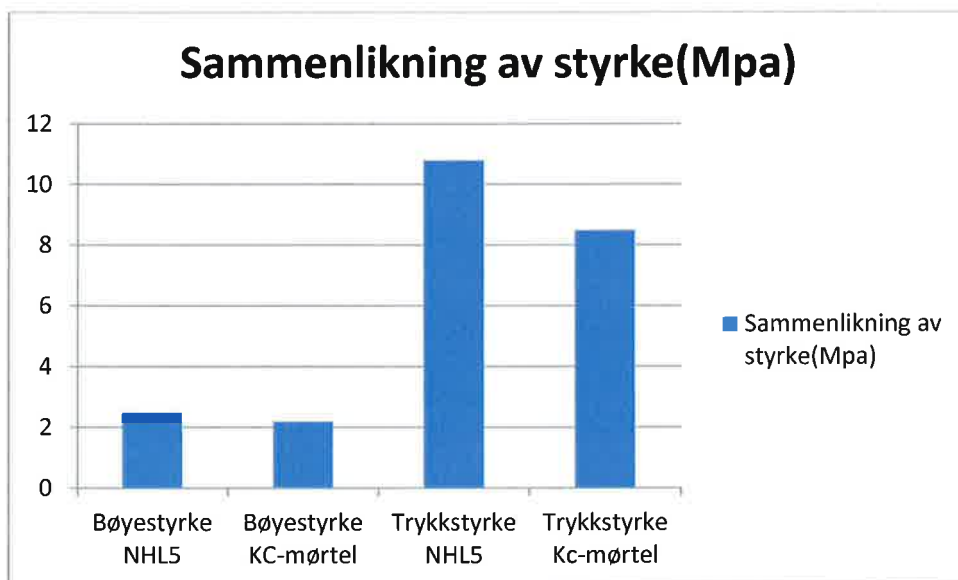
Bøyestyrken og trykkstyrken utvikles veldig gradvis for NHL- mørtelen i forhold til mursementmørtelen. Etter 24 måneder er imidlertid styrken blitt noe høyere for NHL-mørtelen. Denne mørtelblandingen vil derfor egne seg dårlig utenpå gammel kalkpuss.

Permeabiliteten viser at væsketransporten er høyere for NHL-mørtelen. Vannabsorberingen er mye høyere.

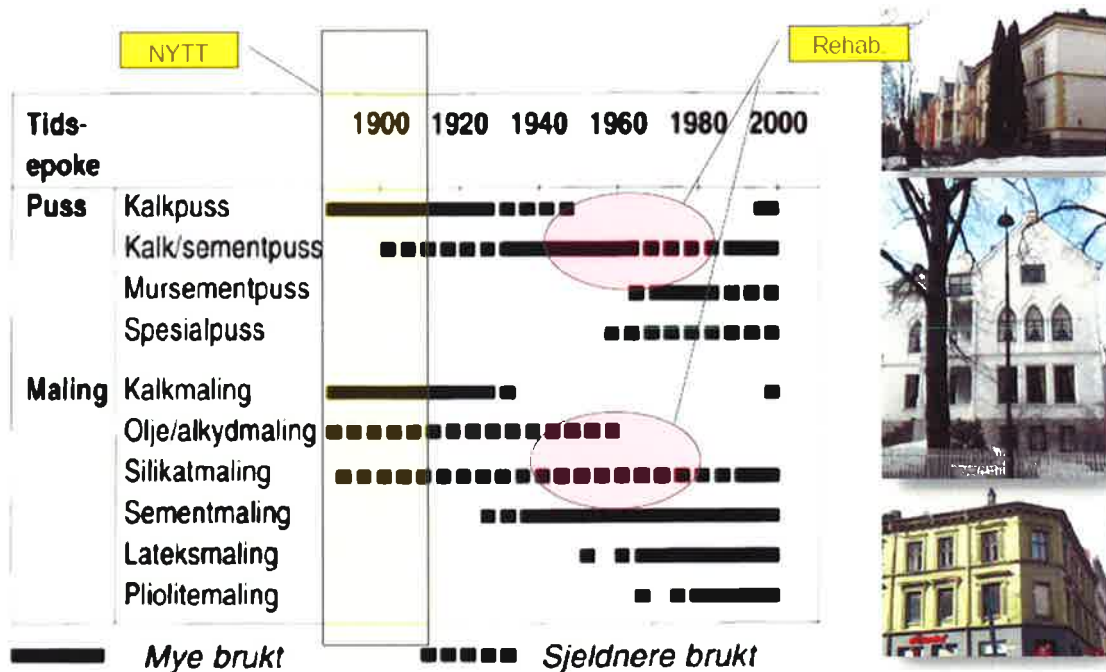
Svinn viser seg å være noe bedre for NHL-mørtelen.

Kapillærsugingen som vi vil holde lavest mulig er forholdsvis lav for begge disse mørtelblandingene. Generelt ligger ofte en mørtel basert på hydraulisk kalk noe lavere enn andre mørteltyper. Det er viktig å holde kapillærsugingen lav for å hindre skader i forbindelse med slagregn og kondens.

En mørtelblanding med NHL5 egner seg veldig dårlig til rehabilitering av bygg hvor det er benyttet kalkmørtel, som vi ser av diagrammet under kan mørtelblandingens faktisk bli sterkere enn en KC-mørtel.[9]



Figuren under viser hva slags puss- og malingstype som har vært mest vanlig i bruk fra slutten av 1800-tallet og fram til 2000-tallet. Denne oversikten kan dermed gi en ide om hva slags pusstype som skal velges til rehabiliteringen.



Figur 4: Tidsepoker for puss og maling[5]

”Det er viktig å huske at pussarbeider på middelalderkirker ikke skal igangsettes uten at Riksantikvaren har gitt tillatelse. Pussarbeider på fredete bygninger skal ikke settes i gang uten at fylkeskommunens kulturminnemyndighet har gitt tillatelse.”[11]

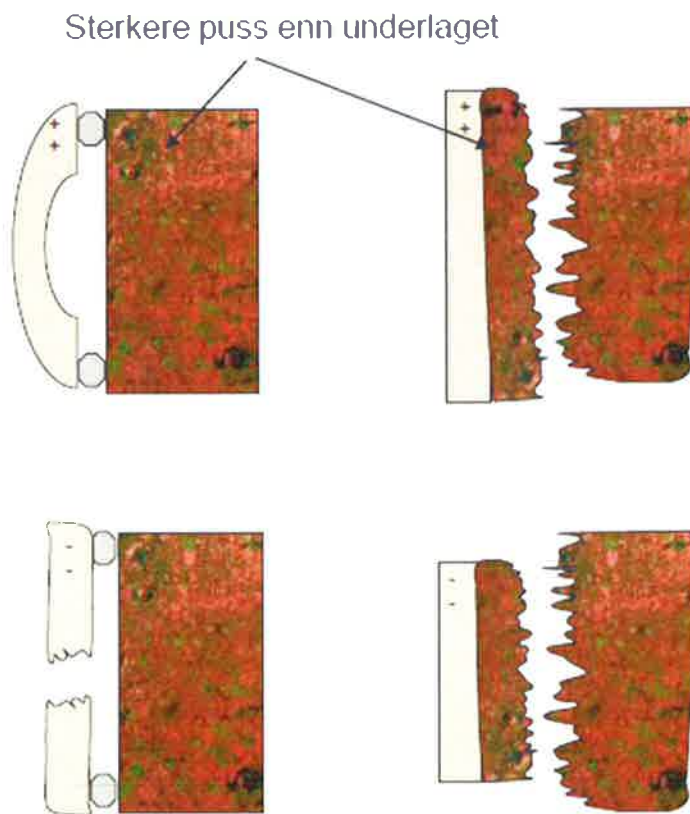
8.6 Skader på pussede fasader

Skader på pussede fasader kan ha flere årsaker. Det kan blant annet være feil valg av mørteltype, feil valg av maling, setninger i veggkonstruksjonen, eller skader som følge av konsentrerte vannmengder på pussene. Skader på pussene som følge av vann skyldes oftest issprengning som følge av smeltevann fra snø som renner nedover fasaden.[2]

Det som blir betegnet som svinnriss som er små sprekker i pussene skyldes mangler ved murarbeidet. Hvis det er avflakende maling rundt risset kan dette være tegn på stort vannopptak bak et tett malingslag.[2]

”Rundt beslag kan avflakende maling være tegn på feil utforming av beslaget. Hvitaktig misfarging av malingen kan tyde på saltutfelling og innestengt fuktighet.”[2]

Det er særlig ved rehabiliteringsarbeider at feil mørtel- og malingsstype er årsaken til skadene. Årsaken er ofte at det blir valgt en for sterk mørtel. Pussen vil dermed slippe fra underlaget på grunn av at den nye pussene blir for stiv i forhold til den gamle. Figuren nedenfor illustrerer hva som skjer ved bruk av for sterk mørtel.[2]



Figur 5: Bruk av for sterk puss[5]



Figur 6: Kraftig puss-skade[5]

Feil malingstype kan føre til at fuktighet blir innestengt, og føre til frostsprengning og avflakkende maling. Ved for tett maling vil tilgangen på CO_2 bli manglende, CO_2 er som kjent avgjørende for herdingen til en kalkmørtel, og til dels også for en hydraulisk kalkmørtel.[2]

8.6 Aktuelle prøve- og undersøkelsesmetoder

Det er kostbart å analysere mørtel og maling på laboratorium så det blir bare gjort unntaksvis. Det er imidlertid en del enkle undersøkelser som kan gjøres for å finne ut mer om skadeårsaker og sammensetning på den eksisterende pussen og malingen.

Pussens fasthet og vedheft

Bom i pussen kan høres ved å banke med hånden, det vil oppstå en hul lyd der det er bomskader. Det er ikke sikkert pussen trenger og hugges ned hvis den er gjennomgående fast, men er underpussen svak må den hugges ned.[2]

”Ved slagregn suges forurenset vann kapillært via riss inn i pussen og skader den. Denne risstypen må renskjæres og utbedres.”[2]

”Fasthet og styrke kan undersøkes med en fyrstikk. Kan fyrstikken bores inn i en gammel puss uten å brette bør pussen nedhogges. Hvis pussen buler ut må den hugges ned til fast underlag.”[2]

Pusstype

”Pussens innhold av kalk eller sement kan ofte bestemmes ut i fra lyshet og fasthet. Desto lysere og svakere puss, desto større er innholdet av kalk. Kombinasjonen av byggeår og lokale tradisjoner vil også ofte kunne antyde sammensetningen.”[2]

Overflatebehandlingens tilstand og vedheft

”Malingens vedheft kan bestemmes ved å ripe eller skrape på overflaten med kniv eller en spiss gjenstand. Ved dårlig vedheft og svak puss skrapes malingen lett av. Der det er brukt kalk og silikatmalinger kan man forholdsvis lett skrape seg ned til pussen uten at det indikerer noen feil med malingen. Hvis malingen løsner i store flak er imidlertid vedheften meget dårlig.”[2]

Malingstype

”Hvis man skal male over gamle malingslag må man bestemme sammensetningen av den gamle malingen, og bruke en malingstype så lik som mulig som den gamle. Malingstypen kan også si noe om årsaken til skader på pussen. Sammensetningen av malingen kan bestemmes ved å la den reagere med ulike kjemikalier. Hvis et malingslag ikke oppløses helt i et kjemikalie , må det resterende testes i noen av de andre kjemikaliene.”[2]

- Saltsyre

”Hvis malingen bruser i syre er dette et tegn på kalkmaling eller sementmaling.”[2]

- Lut

”Går malingen i oppløsning etter en stund er det et tegn på oljemaling.”[2]

- Sprit
"Hvis malingen løser seg når man gnir en bomullsdott med sprit mot den er det en lateksmaling." [2]
- Xylen
"Løser termoplastmalinger som for eksempel Pliolite." [2]

9 Casestudie



Figur 7: Bygget sett forfra [12]

I casestudiet har jeg tatt utgangspunkt i et bygg i Oscarsgate 31, som ligger i Homansbyen i Oslo. Bygget sto ferdig i 1860 for fideikomissbesitter Valentin Wilhelm Hartvig Huitfeldt Kaas etter Georg Bulls tegninger. Det er utført i nyromansk stil.[12]

Oscarsgate 31 er et pusset teglstegnsbygg. To av byggets fasader skal rehabiliteres med en NHL-mørtel, prosjektet er på ca 400 m². Det er XK entreprenør som står for arbeidene, og deres hovedarbeidsområde er restaurering av gamle fasader.

Formålet med casestudiet er å se på, og lære mer om rehabiliteringsprosessen ved bruk av hydrauliske kalkmørtler.

9.1 Problemstillinger:

- Hvordan foregår arbeidet fra start til slutt med bruk av hydraulisk kalkmørtel?
- Er det mer arbeid å bruke denne type puss framfor andre typer puss?
- Har feil mørteltype blitt brukt ved tidligere restaureringsarbeid?
- Har feil malingsstype blitt brukt ved tidligere restaureringsarbeid?
- Hva kan årsakene til skadene på den gamle pussen være?

9.2 Observasjoner

På de følgende sidene har jeg beskrevet skadene i pussen på bygget, og gangen i oppbyggingen av ny puss.



Figur 8: Puss-skade

Bygget har store skader på pussen. Det er flere steder store pussflak som har sluppet taket, og det er åpne rissdannelser i puss og malingslag på nesten hele bygget. Ved inspeksjon konstaterte jeg at det var betydelig med bom i den gamle pussen, det betyr at selv om pussens tilsynelatende sitter på veggen har den sluppet fra underlaget. Dette hører man som en "hulromslyd" ved å banke forsiktig på pussens.



Figur 9: Malingen flisser av

Det er ingen tvil om at det er dårlig heft for malingen enkelte steder, den kan lett skrapes av med en skrutrekker eller stålbrett.

Før pussarbeidene kan igangsettes må all puss hugges ned til tegl-steinen, dette er gjort med små piggmaskiner. Flatene må være helt støvfrie før pussing påbegynnes. Det er viktig å beskytte vinduer ved først å plastre igjen, og deretter sette på en hard treplate eller lignende. Hvis det har løsnet tegl-stein under nedhuggingen må man starte med å mure på plass disse. Deretter settes det opp pussbord langs vinduer og hjørner slik at man har et anlegg å dra av pussene på.



Figur 10: Veggen er klar for pussing

Mørtelen blir blandet i en tvangsblender på bakken, og pumpet med slange til bruksstedet. Underlaget skal forvannes, deretter sprøytes mørtelen på, og rettes av med en rettholt. Deretter skures pussen med et pussbrett til den får en fin og glatt struktur. Det er viktig og ikke sprøyte på for tykke lag med puss av gangen, da dette kan få mørtelen til å slippe fra underlaget. Ca 10mm pusstykkelse av gangen er vanlig. Her blir det sprøytet på i tre-fire omganger med ca et døgn's tørking mellom hver påføring. I herdeperioden er det viktig å ettervanne pussen. Pussen bør herde i 20-25 dager før den overmales.

Pussoppbyggingen er som følger:

Grunning: NHL3,5 0-4mm 1:1,5 (1 del NHL og 1,5 deler sand)

Hovedpuss: NHL3,5 0-4mm 1:2 (1 del NHL og 2 deler sand)

Finpuss: NHL3,5 0-1mm 1:2,5 (1 del NHL og 2,5 deler sand)



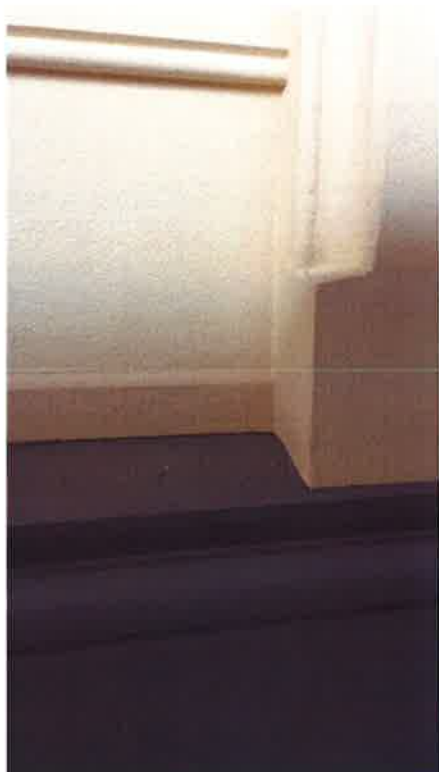
Figur 11: Pussen sprøytes på, og rettes av.

Det er viktig å sørge for riktig temperatur under arbeidet og i herdeperioden for å sikre et godt og varig sluttresultat. Det kan derfor være en utfordring å jobbe med hydrauliske kalkmørtler på vinterstid. For å sikre en riktig temperatur har de på dette prosjektet kledd inn fasaden med pressenning. Varme blir tilført nedenifra via en byggvarmer.



Figur 12: Oppvarmet stillas

Bildene under viser et vakkert resultat av den ferdige pussen malt med silikatmaling. Fasaden er fortsatt kledd inn med presenning for å beskytte mot vær og vind.



9.3 Skadeårsaker

Figuren under viser at pussen slipper fra underlaget, og vi ser tydelig her at en av årsakene er feil mørtelvalg ved tidligere rehabiliteringsarbeider. Den mørke fargen i det ytterste laget av pussen indikerer tydelig at det er brukt en sementholdig mørteltype som blir for sterk for den opprinnelige kalkmørtelen.



Figur 13: Pussen slipper fra underlaget



Figur 14: Sementholdig mørtel i ytre sjikt

Figuren under viser at fastheten til den gamle kalkpussen er bra da fyrstikktesten viser at det er vanskelig å trenge inn fyrstikken mer enn noen få millimeter.



Figur 15: Test av fasthet og styrke

Malingen løste seg ved bruk av Xylen. Dette indikerer at det kan være brukt en termoplastmaling av type Pliolite. Denne malingstypen er ikke egnet på underlag av kalkpuss.[2]



Figur 16: Avflekking ved bruk av Xylen

Årsakene til skadene på pussen er i hvert fall en kombinasjon av feil maling og feil mørtel, men det kan ikke utelukkes at det også kan være flere årsaker som bidrar.

10 Diskusjon

Diskusjonen er basert på litteraturstudiet, samtaler og observasjoner gjennom casestudiet, og samtaler med ulike murere.

10.1 Årsaker til at hydrauliske kalkmørtler er lite brukt

Bruk av riktig mørteltype er det etter det jeg erfarer alt for liten kunnskap om i bransjen, særlig på mindre prosjekter der det ikke er en større entreprenør eller konsulent som er involvert. Ofte er det også ufaglærte håndverkere som benyttes til å gjøre jobben.

I følge Einar Stange AS var casebygget jeg har tatt for meg det eneste de leverte en hydraulisk kalkmørtel til under arbeidet med denne oppgaven.

Murere jeg har snakket med vet ikke forskjellen på en vanlig kalkmørtel, og en hydraulisk kalkmørtel, eller når disse skal brukes. Dette kan vel forklare noe av grunnen til at det er lite brukt.

Utfordringen ved bruk av hydraulisk kalk er at den er ganske temperaturavhengig, og følsom for vær og vind i herdeperioden. Mange ser dermed på hydrauliske kalkmørtler som tungvint å bruke når temperaturen kryper nedover gradestokken, og man må dekke til fasaden med duk, og sørge for oppvarming.

Prisen på hydraulisk kalkmørtel er ca dobbelt så høy som for en vanlig sementmørtel, dette er nok utslagsgivende i mange av tilfellene for hvorfor andre mørteltyper blir benyttet isteden. Dette sparer man derimot inn igjen ved kvalitet og holdbarhet på den rehabiliterte fasaden.

10.2 Skadeårsaker

Som vi har sett tidligere i oppgaven er det veldig viktig å vite om de ulike egenskapene til den eksisterende mørtelen ved rehabiliteringsarbeid. Dette for å forhindre skader på den nye pussen i ettertid.

I casestudiet har vi sett at feil mørtel- og malingsvalg har vært medvirkende årsaker til at pussen har løsnet, dette er også typiske årsaker som blir beskrevet i litteraturen.

Det kan virke som det er ganske tilfeldig hva slags mørteltype som blir brukt. Jeg har fått inntrykk av at mange i bransjen utelukkende velger en form for KC- mørtel, og tror at dette er en rehabiliteringsmørtel til bruk på eldre bygg. Problemet er at denne mørteltypen blir for sterk hvis det er pusset med en kalkmørtel fra før, og skader som bom i pussens vil oppstå over tid.

Ellers er det viktig med en korrekt utførelse i alle ledd av pussarbeidet for å unngå skader på pussens i ettertid.

10.3 Arbeidsprosessen rundt bruk av hydrauliske kalkmørtler

Arbeidsprosessen ved bruk av hydrauliske kalkmørtler er som vi har sett i casestudiet. Arbeidet med pussing er ikke mer krevende enn ved bruk av en annen mørteltype, men det er viktig å tilrettelegge for riktig temperatur underveis og i herdeperioden.

For å oppnå et godt resultat er det viktig å gjøre en undersøkelse av den eksisterende mørtelen og underlaget. Som vi har sett kan man gjøre egne analyser, og komme fram til en passende mørtel uten og nødvendigvis sende den inn til laboratorium.

11 Konklusjon

For å oppnå et godt og varig resultat ved rehabilitering av en pusset fasade er det viktig å sikre seg korrekt utførelse i alle ledd av prosessen. Underlaget må være stabilt og støvfritt, det må forvannes, det må ikke sprøytes på puss i for tykke lag av gangen, og riktig type mørtel og maling må benyttes. I tillegg er det viktig at pussen får tid til å herde ved riktig temperatur.

Bruk av hydrauliske kalkmørtler ved rehabiliteringsarbeid er slik jeg ser det lite brukt på grunn av uvitenhet. Mange tror det er mye mer jobb å bruke denne mørteltypen, og at det blir veldig mye dyrere. Det er ikke mer jobb å pusse med hydraulisk kalkmørtel etter hva jeg har sett gjennom casestudiet og hørt av murere, men det er litt mer tilrettelegging hvis temperaturen er lav. Det er derfor en fordel å benytte denne pussen den delen av året hvor utetemperaturen tillater det uten for mye tilrettelegging. Prisen på mørtelen er riktignok noe høyere, men dette sparer man inn på sikt ved å unngå typiske skader forårsaket av feil mørtelvalg.

På eldre bygg med puss-skader er feil valg av mørtel eller maling ved tidligere rehabilitering en stor årsak til skadene. Dette viser seg både i litteraturen og gjennom casestudiet.

Ved bruk av hydrauliske kalkmørtler til rehabilitering er det veldig viktig å bruke en korrekt blanding som har så like egenskaper som mulig med den eksisterende mørtelen. Vi har sett i oppgaven at den hydrauliske kalkmørtelen kan få veldig ulike egenskaper ut ifra blandingsforholdet.

12 Referanser

1. Dalland, O., *Metode og oppgaveskriving for studenter*. 2007.
2. Gundersen, A., og Øvregard Atle, *Håndbok for rehabilitering av pussfasader*. 1998.
3. Waldum, A.M., og Kjeldsen Grete, *Hydraulisk kalkmørtel*. 2006, Byggforsk. p. 20.
4. Riksantikvaren og NIKU, *Kalkpuss til antikvariske bygninger*.
5. Dhelie, S., Camilla (2012) *Hva er nå egentlig kalkmørtel?*
6. Eu Norm, *EU Norm En459-1 Klassifisering av bygningskalk*.
7. Dhelie, S., Camilla, og Langvik Morten,, *Hydraulisk kalkmørtel for rehabilitering*. 2011.
8. Weber. *Weber.cal K-100*. Available from: <http://www.weber-norge.no/moertel-fasade/produkter-loesninger/moertel-og-fasade-produkter/puss/webercal-k-100.html>.
9. Nordisk NHL 24 måneders test af mørtel.
10. Haugen, A., og Hole Ellen, *NHL-mørtler brukt de siste 10 år i ruiner i Norge-analyser og sammenlikning av nyproduserte rene og hydrauliske kalkmørtler samt mørtler fra middelalderen*. 2012.
11. Riksantikvaren. *Murverk: Kalkpussing*. 2009; Available from: [http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Veiledning/For forvaltningen/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=108981](http://www.riksantikvaren.no/Norsk/Veiledning/For%20forvaltningen/?module=Articles;action=Article.publicShow;ID=108981).
12. Steigan, G.T. *Oscars gate 31*. 2001; Available from: <http://www.artemisia.no/arc/historisk/oslo/homansbyen/oscars.gate.31.html>.

13 Vedlegg

- Lab-forsøk
- 24 måneders test av mørtel
- Mineralogisk og kjemisk analyse av råmaterialer og produkter
- EU-Norm 459-1

Lab.forsøk

Mål

Utgangspunktet for øvingen er å finne ut hvilken malingstype som er brukt på pussen, da eventuell feil malingstype kan være medvirkende til skader på pussen.

Utstyr

- Saltsyre 30%
- Natriumhydroksid(NaOH)
- Rødsprit
- Xylen
- Vernebriller
- Gummihansker
- Begerglass
- Prøver av puss med malingslag

Metode

Saltsyren tynner jeg først ut til 10% , NaOH blander jeg også til en 10% blanding. Jeg starter med å legge en prøve av pussen med maling i et begerglass med saltsyre. Hvis ikke all malingen blir løst opp vil jeg teste det i NaOH. Jeg prøver deretter eventuelt med rødsprit og Xylen.

Resultat

Malingen reagerer verken med saltsyre, NaOH eller rødsprit. Ved bruk av Xylen viser det seg at malingen løser seg.



Figur 1: Ingen reaksjon ved bruk av saltsyre



Figur 2: Ingen reaksjon ved bruk av NaOH



Figur 3: Avfarging ved bruk av Xylen

Konklusjon

Jeg konkluderer med at malingen mest sannsynlig er en termoplastmaling av type Pliolite siden den løser seg ved bruk av Xylen.

Nordisk NHL
Vindeballevej 31
DK-5970 Ærøskøbing
T +45 6252 1054
F +45 6252 1094
info@nordisknhl.dk
nordisknhl.dk

St. Astier
naturlig
hydraulisk
kalk

24 måneders test af mørtel



De gældende EU normer foreslår at prøverne udføres på mørtel med et blandingsforhold på 1 del binder (NHL) til 1,3 del EU standard laboratoriesand (ISO 679).

De efterfølgende prøver viser forskellige mørtelblandingers ydeevne med tilsvarende sand, men blandet i de mest brugte blandingsforhold. Prøverne er udført og opbevaret ved konstant 15°C og 90% rF. Vand er doseret, så alle mørtler opnåede samme bearbejdelighed.

Resultaterne kan ses på følgende datablade:

Blad 1A / 1B / 1C:

Test af NHL mørtel blandet i forholdene 1:2, 1:2,5 og 1:3 i volumen

Blad 2A / 2B:

Test af mørtel blandet af NHL, kulekalk og sand

Blad 3:

Test af mørtel blandet af cement, hydratkalk og sand blandet i forholdene 1:1:6 og 1:2:9 i volumen

★

Trykstyrken i NHL mørtler opnås gradvist, hvilket tillader mindre sætninger. Det skyldes at der ikke er tilsat cement.

Cementblandinger afbinder meget hurtigere, og er som regel fuldt udhærdet efter 28 dage. Elasticiteten, som er meget vigtigt i byggeri uden dilatationsfuger, er markant bedre i NHL mørtler end i cementblandinger. Svind, kapillarsugning og fugtdiffusion viser også bedre resultater med NHL end med cement. Prøverne på NHL/kulekalk blandinger viser en stor forandring i mørtlens ydeevne i negativ retning. Resultaterne siger ikke decideret at disse blandinger er ubrugelige, men at man, når man specificerer, skal være opmærksom på den pågældende mørtels ydeevne.

Det endelige "set-up" på disse prøvninger er udført i samarbejde med Mrs. J.M.Teutonico fra English Heritage, Mrs. P.Gibbons fra The Scottish Lime Centre, Prof. John Ashurst, Douglas Johnston og arkitekt Stafford Holmes, som vi er meget taknemmelige for deres samarbejdsvilje og forslag.

24 måneders test af mørtel blandet i forholdet 1 del NHL til 2 dele sand (volumen)



→ Test på NHL mørtler 1:2

- * Testen er udført med standard (ISO) sand og kan variere i forhold til andet sand.
 Se f.eks. tallene for NHL3.5 prøvet med 0,075 – 3 mm velgraderet sand.

		NHL5	NHL3.5	NHL2	Norm/metode brugt til test
Vandindhold	gr	225	226	228	
Vand/binder forhold		0.67	0.88	1.07	
Indtrængning	mm	8	9.50	11	EN459-2P.5.5.3
Begyndende afbinding	t	4.30	5.30	8.3/4	EN 196.2P. 6.2
Rumvægt	kg/m ³	2110	2110	2100	EN 459.2.P.5.6
Luftindhold	%	0	1.60	2	EN 459.2P. 5.7
Elasticitetsmodul / Mpa					
28 dage		10800	9010	9025	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		18000	16250	12600	Fransk standard på et lags puds
12 måneder		18510	15280	12515	
24 måneder		21500	17480	13375	
Bøjningstrækstyrke / N/mm²					
7 dage		0.53	0.43	0.28	Fransk standard på et lags puds
28 dage		0.90	0.73	0.74	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		2.20	2.18	1.28	
12 måneder		2.40	2.25	1.30	
24 måneder		2.51	2.6	1.41	
Trykstyrke / N/mm²					
7 dage		1.96	0.75	0.62	EN459-2P.5.1
28 dage		2.20	1.88	1.48	
6 måneder		7.31	7.10	3.84	
12 måneder		9.28	7.50	4	
24 måneder		10.81	8.63	4.25	
Permeabilitet (fuldt udhærdet) (gram luft x m ² x time x mm x Atm)		0.55	0.64	0.68	Fransk standard på et lags puds
Svind efter 28 dage	mm. m	0.175	0.59	0.75	Fransk standard på et lags puds
Vandabsorbering	L.t.m ²	3	4.50	10.5	
Kapilarsugning	gr. min.	0.88	1.18	3.05	

24 måneders test af mørtel blandet i forholdet 1 del NHL til 2,5 dele sand (volumen)



→ Test på NHL mørtler 1:2,5

* Testen er udført med standard (ISO) sand og kan variere i forhold til andet sand.
 Se f.eks. tallene for NHL3.5 prøvet med 3 – 0,075mm velgraderet sand.

		NHL5	NHL3.5	NHL3.5 Doyeaux Sand	NHL2	Norm/metode brugt til test
Vandindhold	gr	215	220	250	214	
Vand/binder forhold		0.79	1.07	1.21	1.27	
Indtrængning	mm	7.50	9	10	8.6	EN459-2P.5.5.3
Begyndende afbinding	t	3.30	6	6.15	9	EN 196.2P. 6.2
Rumvægt	kg/m ³	2115	2140	1975	1080	EN 459.2.P.5.6
Luftindhold	%	0	0	0	1	EN 459.2P. 5.7
Elasticitetsmodul / Mpa						
28 dage		11000	9000	8600	9800	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		17050	13505	12050	12030	Fransk standard på et lags puds
12 måneder		17280	13620		12030	
24 måneder		18020	13785		12000	
Bøjningstrækstyrke / N/mm²						
7 dage		0.38	0.31	0.28	0.31	Fransk standard på et lags puds
28 dage		0.80	0.48	0.45	0.73	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		1.75	1.70	1.30	1.20	
12 måneder		2.20	2.05		1.25	
24 måneder		2.30	2		1.15	
Trykstyrke / N/mm²						
7 dage		1.1	0.57	0.5	0.53	EN459-2P.5.1
28 dage		2	1.47	1.3	1.36	
6 måneder		5.91	5.34		3	
12 måneder		8.44	5.90		2.90	
24 måneder		8.81	6		3	
Permeabilitet (fuldt udhærdet) (gram luft x m ² x time x mm x Atm)		0.50	0.65		0.71	Fransk standard på et lags puds
Svind efter 28 dage	mm. m	0.13	0.44		0.60	Fransk standard på et lags puds
Vandabsorbering	L.t:m ²	3.20	7.30		12.1	
Kapilarsugning	gr. min.	2.54	4.70		7.84	

BLAD 1C

Nordisk NHL
Vindeballevej 31
DK-5970 Ærøskøbing
T +45 6252 1054
F +45 6252 1094
info@nordisknhl.dk
nordisknhl.dk

St. Astier
naturlig
hydraulisk
kalk

24 måneders test af mørtel blandet i forholdet 1 del NHL til 3 dele sand (volumen)



→ Test på rene NHL Mørtler 1:3

- ★ Testen er udført med standard (ISO) sand og kan variere i forhold til andet sand.
Se f.eks. tallene for NHL3.5 prøvet med 3 – 0,075mm velgraderet sand.

		NHL5	NHL3.5	NHL2	Norm/metode brugt til test
Vandindhold	gr	208	211	206	
Vand/binder forhold		0.92	1.23	1.47	
Indtrængning	mm	7	8.50	9.50	EN459-2P.5.5.3
Begyndende afbinding	t	3	6	9.30	EN 196.2P. 6.2
Rumvægt	kg/m ³	2105	2110	2100	EN 459.2.P.5.6
Luftindhold	%	0	3	2	EN 459.2P. 5.7
Elasticitetsmodul / Mpa					
28 dage		10000	8970	9000	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		16900	12450	11800	Fransk standard på et lags puds
12 måneder		16150	13150	11900	
24 måneder		17540	13670	11750	
Bøjningstrækstyrke / N/mm²					
7 dage		0.40	0.28	0.25	Fransk standard på et lags puds
28 dage		0.66	0.65	0.72	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		1.55	1.38	1.08	
12 måneder		1.80	1.50	1.05	
24 måneder		2.05	1.53	1.05	
Trykstyrke / N/mm²					
7 dage		0.88	0.53	0.47	EN459-2P.5.1
28 dage		1.50	1.34	1.25	
6 måneder		5.31	3.94	2.90	
12 måneder		6.50	3.90	2.90	
24 måneder		7.80	3.97	2.75	
Permeabilitet (fuldt udhærdet) (gram luft x m ² x time x mm x Atm)		0.52	0.72	0.71	Fransk standard på et lags puds
Svind efter 28 dage	mm. m	0.15	0.25	0.51	Fransk standard på et lags puds
Vandabsorbering	L.t:m ²	5.50	9.40	15.4	
Kapilarsugning	gr. min.	4.61	6.30	8.70	

BLAD 2A

Nordisk NHL
Vindeballevej 31
DK-5970 Ærøskøbing
T +45 6252 1054
F +45 6252 1094
info@nordisknhl.dk
nordisknhl.dk

St. Astier
naturlig
hydraulisk
kalk

24 måneders test af mørtel blandet af NHL5, kulekalk og sand



→ NHL5 / kulekalk / sand

Blandingsforhold		90% NHL5 10% kulekalk 3 dele sand	70% NHL5 30% kulekalk 3 dele sand	50% NHL5 50% kulekalk 3 dele sand	Norm/metode brugt til test
Vand/binder forhold	gr	1.2	1.07	1.03	
Indtrængning	mm	7	10	11	EN459-2P.5.5.3
Begyndende afbinding	t	3.50	5.25	9.50	EN 196.2P. 6.2
Rumvægt	kg/m ³	2105	2040	2030	EN 459.2.P.5.6
Luftindhold	%	0	0	3	EN 459.2P. 5.7
Elasticitetsmodul / Mpa					
28 dage		11000	10020	8000	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		16000	14000	13000	Fransk standard på et lags puds
12 måneder		16510	14320	13020	
24 måneder		16500	13950	13220	
Bøjningstrækstyrke / N/mm²					
7 dage		0.40	0.35	0.32	Fransk standard på et lags puds
28 dage		0.67	0.65	0.45	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		1.15	1.13	0.83	
12 måneder		1.75	1.15	0.85	
24 måneder		1.55	1.20	0.80	
Trykstyrke / N/mm²					
7 dage		0.82	0.66	0.42	EN459-2P.5.1
28 dage		1.40	1.10	0.60	
6 måneder		4.80	3.95	2.97	
12 måneder		5.30	4.10	2.80	
24 måneder		5.25	4.31	2.85	
Permeabilitet (fuldt udhærdet) (gram luft x m ² x time x mm x Atm)		0.60	0.59	0.63	Fransk standard på et lags puds
Svind efter 28 dage	mm. m	0.25	0.60	0.84	Fransk standard på et lags puds
Vandabsorbering	L.t:m ²	10	12.3	18	
Kapilarsugning	gr. min.	4.41	8.72	12.94	

Se venligst vores Ophavsret og ansvarserklæring

24 måneders test af mørtel blandet af NHL3.5, kulekalk og sand



→ NHL3.5 / kulekalk / sand

Blandingsforhold		90% NHL3.5 10% kulekalk 3 dele sand	70% NHL3.5 30% kulekalk 3 dele sand	50% NHL3.5 50% kulekalk 3 dele sand	Norm/metode brugt til test
Vand/binder forhold	gr	1.04	1	0.95	
Indtrængning	mm	8	12	13	EN459-2P.5.5.3
Begyndende afbinding	t	6.50	8.50	10	EN 196.2P. 6.2
Rumvægt	kg/m ³	2070	2040	2020	EN 459.2.P.5.6
Luftindhold	%	3	4	6	EN 459.2P. 5.7
Elasticitetsmodul / Mpa					
28 dage		8400	8050	7510	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		13200	12600	11000	Fransk standard på et lags puds
12 måneder		13410	12900	11050	
24 måneder		14520	13010	10850	
Bøjningstrækstyrke / N/mm²					
7 dage		0.38	0.50	0.26	Fransk standard på et lags puds
28 dage		1.30	0.52	0.38	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		1.33	1.03	0.65	
12 måneder		1.50	1.20	0.80	
24 måneder		1.56	1.26	0.84	
Trykstyrke / N/mm²					
7 dage		0.76	0.76	0.22	EN459-2P.5.1
28 dage		1.30	1.10	0.75	
6 måneder		3.90	3.63	2	
12 måneder		4.80	4.40	3.75	
24 måneder		4.75	4.55	2.65	
Permeabilitet (fuldt udhærdet) (gram luft x m ² x time x mm x Atm)		0.69	0.71	0.68	Fransk standard på et lags puds
Svind efter 28 dage	mm. m	0.35	0.67	0.89	Fransk standard på et lags puds
Vandabsorbering	L.t:m ²	11.2	15.6	19.30	
Kapilarsugning	gr. min.	9.50	10.2	13.75	

BLAD 3

Nordisk NHL
Vindeballevej 31
DK-5970 Ærøskøbing
T +45 6252 1054
F +45 6252 1094
info@nordisknhl.dk
nordisknhl.dk

St. Astier
naturlig
hydraulisk
kalk

24 måneders test af mørtel blandet af cement, hydratkalk og sand



→ Cement / hydratkalk / sand

Blandingsforhold		1 : 1 : 6	1 : 2 : 9	Norm/metode brugt til test
Vandindhold	gr	200	200	
Vand/binder forhold		0.72	0.65	
Indtrængning	mm	7	7	EN459-2P.5.5.3
Begyndende afbinding	t	1.30	1	EN 196.2P. 6.2
Rumvægt	kg/m ³	2110	2110	EN 459.2.P.5.6
Luftindhold	%	0	0	EN 459.2P. 5.7

Elasticitetsmodul / Mpa				
28 dage		16200	15595	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		22010	19300	Fransk standard på et lags puds
12 måneder		22210	19700	
24 måneder		22150	19650	

Bøjningstrækstyrke / N/mm ²				
7 dage		2.05	1.65	Fransk standard på et lags puds
28 dage		1.95	1.55	Fransk standard på et lags puds
6 måneder		2.10	1.50	
12 måneder		2.20	1.70	
24 måneder		2.20	1.75	

Trykstyrke / N/mm ²				
7 dage		5.02	4.96	EN459-2P.5.1
28 dage		7.70	5.56	
6 måneder		8.10	5.75	
12 måneder		8.70	6.05	
24 måneder		8.50	5.95	
Permeabilitet (fuldt udhærdet) (gram luft x m ² x time x mm x Atm)		0.23	0.25	Fransk standard på et lags puds
Svind efter 28 dage	mm. m	0.63	0.42	Fransk standard på et lags puds
Vandabsorbering	L.t:m ²	0.23	0.25	
Kapilarsugning	gr. min.	1.08	6.86	

Se venligst vores *Ophavsret og ansvarserklæring*

Mineralogisk og kemisk analyse af råmaterialer og produkter

Kemien og mineralogien bag råmaterialerne

Kemiske og mineralogiske data på produktion og færdige produkter

St. Astier Naturlig Hydraulisk Kalk (NHL) er produceret ved at brænde og læske en ren kridtholdig kalksten med indhold af silica (kisel). Ingen tilsætninger. De henholder sig nøje til den franske norm NFP 15.311, og den europæiske norm EN 459, der klassificerer bygningskalk.

Kalkstenen i St. Astiers kalkåre (ca. 40 km²), stammer fra skaldyrs-aflejringer (kridtholdig kalksten). Kalkstenen i St. Astier er meget ren, dvs. fri for eksempelvis ler, men indeholder silikater, som er årsagen til at kalken bliver hydraulisk. Der er blevet brændt kalk i St. Astier i tusindvis af år, men den industrielle produktion begyndte i 1851. Kalkminerne, som er ejet af de samme familier siden den industrielle begyndelse, fylder 30 hektar. Undersøgelser lavet af den Franske regering viser en unik ensartethed af aflejringerne sammensætning, (i op til 100 meters dybde).

→ Kemisk og mineralogisk analyse af aflejringerne

Kemisk analyse (%)		Mineralogisk analyse (%)		
Svind v/ brænding	40	H ₂ O (fugtindhold)	8	
CaO	44	CaCO ₃	75	
SiO ₂	13	SiO ₂ (opløselig)	11	reaktiv / forenelig
MgO	0,6	SiO ₂ (uopløselig)	2	inaktiv / uforenelig
Al ₂ O ₃ **	1.1	MgCO ₃	1	
Fe ₂ O ₃ **	0.32	Andre (fra de med ** til venstre)	3	
SO ₃ **	0			
Na ₂ O**	0.04			
K ₂ O**	0.1			
Andre**	0.84			

Produktionen af forskellige typer naturlig hydraulisk kalk (NHL) med det samme råmateriale, beviser at hydraulitet afhænger af mængden af opløselig silikat, og ikke den samlede tilstedeværende mængde af silikater. Teorien om at hydraulitet afhænger af den totale mængde af "ler eller silikater" i råmateriale er fundamentalt forkert.

Mineralogisk og kemisk analyse af råmaterialer og produkter

Produktionsmetoden er stort set uændret siden oldtiden; kalkstenen brændes og læskes. Det er derfor ikke for meget at sige, at St. Astier NHL-produkter er blandt de meget få traditionelt producerede bygningskalker. Den videnskabelige viden fra producentens side, samt den moderne kvalitetskontrol, er en kombination som gør, at de kan producere pålidelige produkter med en ensartet og konstant ydeevne.

Brændingsprocessen

Temperaturen i ovnen, tiden på brændingen samt mængden af opløselig silikat der kombineres/reagerer med Calciumoxid (CaO) og danner Calciumsilikat (CS), er afgørende for hydrauliteten af det færdige produkt. Brændingen foregår i opretstående ovne, med temperaturer op til 10000 C. Brændstoffet som blandes i kalkstenene er antracitkul fra Wales, som importeres pga. dens renhed, og dermed efterlader færrest sporstoffer. Brændingens effektivitet bliver løbende kontrolleret (CO₂ test), hvilket er afgørende for den færdige kvalitet.

Nordisk NHL
Vindballevej 31
DK-5970 Ærøskøbing
T +45 6252 1054
F +45 6252 1094
info@nordisknhl.dk
nordisknhl.dk

St. Astier
naturlig
hydraulisk
kalk



Hydrering (læskning)

Den nøje kontrollerede hydreringsproces er så effektiv, at der faktisk ikke findes (< 1%) ulæsket kalk til sidst. Hydreringsprocessen er ligeledes så effektiv, at kun en lille procentdel af det læskede materiale skal kværnes i en mølle for at opnå den ønskede finhed (ingen korn over 0,09mm). Som vist nedenfor, er mængden af potentielt skadelige komponenter så små, at uønskede reaktioner, som fører til nedbrydning af materialet, ikke er mulige.

→ Sammensætning

	Kemisk (%)			Mineralogisk (%)			
	NHL5	NHL3.5	NHL2	NHL5	NHL3.5	NHL2	
Svind v/ brænding	16	18	20				
Calcimetry (CO ₂)	10	11	6				
Uopløselig	5.6	9.6	8	5.6	9.6	8	
CaO	59	56	63	Fri kalk Ca(OH) ₂	22	25	58
				Calcium Carbonat CaCO ₃ Ubrændt	23	25	13
SiO ₂	15	15	6	Calcium Silikat			
Kornbinderet				C ₂ S	43	35	17
Al ₂ O ₃	1.92	1.66	1.3	C ₃ A C ₂ AS	0.7 1.3	0.5 1.0	0.4 0.8
Fe ₂ O ₃	0.57	0.49	0.4	C ₄ AF	0.7	0.5	0.4
SO ₃ **	0.41	0.45	0.31	CaSO ₄	0.7	0.8	0.5

Andre (%) Klorid indholdet er iht. EN 988-2 <0,1%.

MgO	1.01	0.98	0.75	Mængden af disse komponenter er så små, at deres mineralogiske tilstedeværelse er for lille til at være relevant. Meget kendetegnende for alkali (K ₂ O/Na ₂ O) er, at de selv i meget små mængder (1,5-2% i alm. cement), kan forårsage Alkali Silika reaktioner.
MnO	0.02	0.01	>0.01	
TiO ₂	0.18	0.16	0.12	
K ₂ O	0.21	0.16	0.12	
Na ₂ O	0.07	0.06	0.04	

** Tilstedeværelsen af SO₃ (forekommer ikke i råmateriale, men tilføjes med den benyttede kul), er så lille, at den er ubetydelig. Større mængder af gips (CaSO₄), pga. tilsætning af almindelig cement eller visse andre hydrauliske bindere, kan forårsage skader. Se venligst vores *Ophavsret og ansvarserklæring*

Mængden af opløselig silikat som smelter sammen med den calciumoxid (CaO) som produceres under brændingen, bestemmer hydrauliteten af det færdige produkt, altså om det bliver NHL2, NHL3,5 eller NHL5. Fordi der ikke forekommer ler, og det deraf følgende lave indhold af Al₂O₃, svovloxid og alkali, sikres en produktion af hydraulisk kalk, som stort set er baseret på kombinationen af Calciumoxid og opløselig silikat.

Nordisk NHL
Vindeballevej 31
DK-5970 Årskøbing
T +45 6252 1054
F +45 6252 1094
info@nordisknhl.dk
nordisknhl.dk

St. Astier
naturlig
hydraulisk
kalk

EU Norm EN459-1

Klassificering af bygningskalk



I mange år kunne de forskellige producenter af bygningskalk i Europa producere og kalde deres produkter stort set hvad de ville. Det var forvirrende og uigennemskueligt for slutbrugeren, og derfor blev det sat i værk at lave en fælles norm som skulle kategorisere de forskellige typer kalk. Det tog ca. 10 år at udfærdige normen, som trådte i kraft i august 2003 som EN 459-1.

Overordnet opdeler normen kalk i to kategorier, nemlig luft-hærdende kalk, som hærdet (karboniseret) ved optagelse af CO₂, og hydraulisk kalk, som hærdet (hydratiseret) med vand.

Lufthærdende kalk

Hærdet kun i forbindelse med CO₂ fra luften, klassificeret i henhold til indholdet af Calcium Oxid (CL) eller Magnesium Oxid (DL), f.eks. CL90, CL85, osv. Tallet 90 betyder at kalken er 90 % ren, altså indeholder den 10 % fremmede dele. Bruges til fremstilling af kule kalk, stampet kalk, læsket kalk eller hydrat kalk.

Hydraulisk kalk

Hærdet i forbindelse med vand, men SKAL indeholde lufthærdende kalk (Calciumhydroxid), og hærdet derfor delvis med CO₂. Den del af kalken som er lufthærdende i hydraulisk kalk, betegnes som fri kalk. Der findes ifølge EN-459 tre typer hydraulisk kalk, nemlig:

Naturlig hydraulisk kalk (NHL)

NHL er lerholdig eller silika holdig kalksten som er brændt og tør læsket. Under læskningen tilsættes kun den mængde vand som kræves for at den brændte sten findeles til pulver.

Ingen tilsætning tilladt.

For at kunne kalde det færdige produkt for NHL, er det ikke tilladt at tilsætte andet hydraulisk materiale. NHL er og skal være et rent naturprodukt.

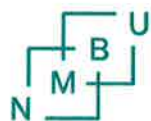
Naturlig hydraulisk kalk klassificeres i forhold til trykstyrke, udtrykt i MPa (N/mm²), målt på 28. dagen på mørtel, med et blandingsforhold, sand:NHL, på 1:1 (vægtfylde). Der findes tre typer NHL: NHL 5 som er den stærkeste, NHL 3.5 som er moderat hydraulisk og NHL 2 som er svagt hydraulisk.

NHL-Z

Hvis produktet er tilsat puzzolano, trass, flyveaske eller andet hydraulisk materiale (såsom gips og cement), skal de pågældende produkter mærkes med et Z. En NHL-Z må dog højst indeholde 20 % anden hydraulisk binder, som det hedder.

HL

En anden kategori kaldet HL (hydraulic Lime), er en blanding af Calciumhydroxid, Calcium Silicat og Calcium Aluminat (og sikkert andre fyldstoffer såsom cement, flyveaske, osv. Red.) HL er som produkt svær at gennemskue, man ved sjældent hvad det består af og bør derfor ikke bruges til restaurering af historiske bygninger.



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no