

## MØRTEL OG PUDS



Læskning af brændt kalk – her på gammel vis i et læskekar, hvorefter den læskede kalk bliver siet og hældt ned i en frostfri kule, gravet i jorden. Deraf navnet 'kulekalk'. Foto: Historic Williamsburg, USA

**Mørtel består af en blanding af læsket kalk og sand, hvor kalken er bindemidlet, og sandet er tilslagsmaterialet.**

Kalkmørtel er et af de ældste byggematerialer. Det bruges til opmuring, fugning og pudsning af murværk samt understregning og forskælling af tagsten. Kalkmørtel anvendes endvidere til forskellige facadedekorationer.

Der findes mange eksempler på utroligt holdbare og smukke byggearbejder udført med kalkmørtel fra tider, hvor man havde nøje kendskab til materialet, og hvor den håndværksmæssige kunnen var en ubrudt tradition.

Man skelner mellem to typer kalk: luftkalk og hydraulisk kalk, hvilket

medfører, at der findes to forskellige mørteltyper: luftkalkmørtel og hydraulisk kalkmørtel. Disse findes i 5 variationer:

1. Luftkalkmørtel af vådlæsket kalk, ofte lagret i en frostfri kule, derfor også kaldt kulekalksmørtel.
2. Luftkalkmørtel af tørlæsket kalk, kaldt hydratkalkmørtel.
3. Luftkalkmørtel af brændt kalk, sand og vand, blandet under udvikling af varme fra den brændte kalks læskning sammen med sandet kaldt læskemørtel.
4. Naturlig hydraulisk kalkmørtel, kaldet Kh-mørtel eller romersk cement (m.fl.).
5. Additiv hydraulisk kalkmørtel, kaldet KKh-mørtel eller juramørtel (m.fl.).

Omkring 1840 udvikledes en 6. og en

6. (hydraulisk) mørteltype, der samtidig er de hårdeste og stærkeste:
7. Kalkcementmørtel, også kaldt KC-mørtel, blandet af læsket kalk, Portlandcement og sand.
8. Portlandcement-mørtel, også kaldet C-mørtel eller grusog-cementmørtel.

Den sidste adskiller sig fra de andre ved for det meste at blive støbt, dvs. hældt ned i en form eller ud på en flade.

Blandes Portlandcementmørtel med større sten og skærver, fås (8) beton, og armeres denne med jern, får man jernbeton. Her har vi fjernet

os noget fra begrebet mørtel, selv om der stort set er tale om de samme materialer.

### Kalk

Udgangspunktet i kalkmørtel er kalksten/kridtsten, der er en bjergart, hvis hovedbestanddel er calciumkarbonat ( $\text{CaCO}_3$ ), i naturen kaldet kridtsten, kalksten, limsten eller marmor. Calciumkarbonaten er dannet for millioner af år siden ved havaflejringer af muslinger, alger, skaldyr m.m.

Man finder ofte aftryk af bl.a. disse dyr i kridtstenen, som man kan skære i blokke og anvende til byggesten, eller man kan brænde kalken til kalkmørtel. Marmor anvendes fortrinsvis til dekorationer.

Calciumkarbonat er svagt opløseligt i vand, hvorfor stort set alt vand indeholder kalk. Derfor vil der også udfælde sig kalk fra fordampet vand, hvorved der dannes såkaldt kildekalk, frådsten, kalktuf eller travertinkalk forskellige steder i naturen. Denne kalk kan både bruges til byggesten og til brænding af kalk til kalkmørtel.

Brænding, vådlæskning og lagring af kulekalk. Brændingen af kalk finder sted i en lodret kalkovn, og ved hjælp af forskelligt brændsel, træ, stenkul, olieholdigt skifer m.m. kommer temperaturen i ovnen op på ca. 900-1000 grader C. Derved frigøres kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) i kalken, og tilbage har man brændt kalk ( $\text{CaO}$ ).

Brændt kalk er et uhyre reaktivt materiale, som man snarest muligt læsker, det vil sige overhælder med vand ( $\text{H}_2\text{O}$ ), hvorved der dels dannes en kraftig varme, dels sker en kemisk

reaktion af den brændte kalk, så den antager en blød, dejagtig substans, der kaldes for læsket kalk, også benævnt calciumhydroxid -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Et andet navn er luftkalk.

Denne hærdningsproces ved hjælp af luft er baggrunden for at kalde den rene kalkmørtel, enten den er vådlæsket eller tørlæsket, for luftkalkmørtel. Det skal dog tilføjes, at hærdningsprocessen, den såkaldte karbonatisering, ikke kan foregå uden tilstedeværelsen af vand som katalysator.

### Tørlæsket kalk

En variation af læskningen er den såkaldte tørlæskning, hvor der kun tilføres en meget begrænset mængde vand til den brændte kalk. Kalken pulveriseres derved til et fint pulver, kaldt hydratkalk eller tørlæsket kalk, i stedet for til en våd dej. Tørlæskning har været brugt langt tilbage i tiden, men repræsenterer i dag en industrielt fremstillet kalk, der ikke har så gode egenskaber som kulekalken, bl.a. fordi kulekalken efter ca. 1 års lagring er uhyre findelt med en kornstørrelse på 10-30 my, langt under hydratkalkens på 50-100 my.

Tørlæsket kalk kan udmærket bruges til opmurings- og pudsemørtel, men til overfladebehandling af murværk med hvidtekalk eller kalkfarver har kulekalkens finere kornstørrelser vist sig at være en stor fordel for et holdbart resultat. Derfor kan den tørlæskede kalk ikke anbefales til kalkning.

### Organiske stoffer

Fra gammel tid findes der, hvilket kalkanalyser i øvrigt har bekræftet, beretninger om, at man har forsøgt at få kalken til at hærde hurtigere og stærkere op ved iblanding af organiske stoffer som f.eks.



*Den vådlæskede kalk opbevares i kuler (grave), der skal være frostfri. Under lagringen findeles kalken, og urenheder synker til bunds. Når den læskede, såkaldte kulekalk blandes med sand eller grus og udsættes for luftens påvirkning, afbinder (karbonatiserer) den, og kalken bliver igen til kridtsten. Foto: Historic Williamsburg, USA*

kærnemælk, skummetmælk, kasein (mælkens ostestof), organisk ben- og hudlim, fedt, blod, linolie eller æg. Ja, selv kokager og kopis. Blandingen kunne foregå i selve kalkkullen med bl.a. døde smådyr eller lige før brugen.

### Brænding, læskning og hærdning af hydraulisk kalk

Hvis kridtstenen ikke er helt ren, men indeholder ler, der igen indeholder en række mineralske stoffer - bl.a. silicium, kisel, jern, mangan, aluminium m.m, dannes der under brændingen af kalken et stof, dicalciumsilikat ( $\text{C}_2\text{S}$ ), der ved hjælp af vand danner en uopløselig, mineralisk lim, der på kort tid hærder til en meget hård, uopløselig og stenagtig masse.

Da kalken helt tydeligt hærder ved hjælp af vand, kalder man denne mørteltype for hydraulisk kalkmørtel efter det græske ord hydro, der betyder vand.

Man kan imidlertid skabe den hydrauliske effekt eller hærdning på fem forskellige måder:

1. Man kan brænde en lerholdig kridtsten, hvilket giver en naturlig, hydraulisk kalk.
2. Man kan bruge lerholdigt olieskifer, såkaldt alunskifer, som brændsel ved brændingen af kalken. Den røde alunskiferaske giver en hydraulisk effekt. Ved Kinnekulle i Sverige ligger kalk og olieholdigt alunskiffer meget praktisk i skiftende lag i undergrunden.
3. Man kan blande ler sammen med kalken under selve brændingen.
4. Man kan tilføre brændt ler i form af knust tegl/teglmel til en luftkalk.
5. Man kan til luftkalk tilføre vulkansk aske, benævnt pozzulano



Fremstilling af hydraulisk kalk ved at blande knust teglsten i luftkalk. Restaureringscenteret på San Servolo i Venezia

(efter stedet Pozzuli ved foden af Vesuv) eller trass (efter tilsvarende forekomster i Tyskland).

Også her har næsten alt, der overhovedet mindede om mineralske stoffer, været iblandet luftkalken for at opnå en hydraulisk effekt: jernspåner/hammerslag (virker ikke), trækulsaske, stenkulsaske, alunskiferaske m.m.

I Danmark havde man kun én forekomst af lerholdig kalk, der kunne give en naturlig, hydraulisk kalk, nemlig Klintebjergkalken i Odsherred. Man var derfor nødt til at ty til hydrauliske additiver, bl.a. trass og den røde alunskiferaske eller teglmel. Analyser har vist, at næsten alle historiske mørtler og pudser i Danmark før i tiden var hydrauliske i en eller anden grad.

I dag kan kulekalk fås i praktiske plastikspande med tætsluttende låg. Den tørlæskede, såkaldte hydratkalk købes i poser. Man kan også købe

færdigblandede luftkalkmørtler, men ikke færdigblandede hydrauliske mørtler, da disse vil hærde i den våde blanding. Kalk og kalkmørtel skal altid opbevares frostfrit.

### Tilslagsmaterialer: Grove og fine mørtler

Tilslagsmaterialerne, primært sandet, har også afgørende indflydelse på mørtlens udseende og egenskaber. Størst betydning har sandets kornstørrelse, som kan sikres og varieres gennem forskellige fin- og grovmaskede sigter.

Det er under alle omstændigheder meget vigtigt for en god mørtel, at sandkornene ikke er for ens, men har en varieret størrelse. Man har dog her to forskellige typer:

- Grovmørtel/puds, med sandkornstørrelser på 4 - 8, maks. 10 mm.

- Finmørtel/puds med sandkornstørrelser fra meget fint stenmel (00) til 4 mm.

På grund af de grovere sandkorn, dannes der grovere porer i grovpuds, mens finpuds således får en finere porestruktur. Dette har igen indflydelse på mørtlens fugtegenskaber. Da vand altid bevæger sig fra grove porer til fine gennem den såkaldte kapillarsugning, er det uhyre vigtigt, at man ved kraftige pudslag får vendt porestrukturen rigtigt ved at have de fineste porer yderst og de groveste porer inderst i forhold til murværket. Man kan yderligere ved håndværksmæssig bearbejdning af det yderste lag i den våde mørtel trække fine porer ud i selve overfladen.



Mørtlens dele før blanding.

Sandkornenes form, har også indflydelse på egenskaberne. De to gængse sandtyper i Danmark, strandsand og bakkesand – før i tiden almindelige handelsvarer i kystbyerne og i byerne inde i landet, har henholdsvis runde og skarpkantede sandkorn. Teknisk er de skarpkantede bakkesandkorn at foretrække frem for de afrundede strandsandkorn; da det mere ensartede strandsand ikke indeholder det helt fine stenmel, er en blanding af de to sandformer under alle omstændigheder et godt valg.

### Farvet puds / Indfarvet mørtel

Sandets farve influerer på mørtlens farve, hvorved strandsandsmørtlen bliver kold, blågrå, mens bakkesandsmørtlen har en varm, gråbrun farve. Man kan herudover indfarve mørtel med kalkægte pigmenter, hvorved man får farvet puds i forskellige nuancer: hvid, gul, brun, rød, grøn, blå, blågrå og sortgrå.



*Farvet puds bliver meget nemt skjoldet fordi farvens konkrete nuance bestemmes af pudsens hærdningshastighed. Hurtig hærdning giver lyse nuancer og langsom hærdning giver mørke. Derfor bør farvet puds altid afsluttes med 1-2 gange kalkning i samme farve som pudsens.*

### Luftkalk, hydraulisk kalk og cement

I de nævnte 6 mørteltyper optræder der tre begreber: luftkalk, hydraulisk kalk og cement, der må forklares nærmere.

#### Portlandcement

I midten af 1800-tallet udviklede man i England en helt hvid, hydraulisk kalkmørtel ved at fjerne alle farvende stoffer og ved at brænde kalk og lyse lerarter sammen ved en endnu højere temperatur end ellers, nemlig 1400 grader C.

Kalken og leret sintrer sammen til små klinker, som man knuser til et fint, gråt pulver. For at associere til noget kridhvidt, fik denne nye hydrauliske kalk navnet Portlandcement efter Portlandklinerne ved indsejlingen til Den engelske Kanal.

Den første fabrik til Portlandcement i Danmark blev allerede anlagt i 1868 i Ringsted, men snart fandt man ud af, at ler- og kridtstensforekomsterne ved Mariager og Aalborg egnede sig fortrinligt til fremstillingen.

Kort efter at den danske ingeniør Frederik Læssøe Smidth i 1891 havde været med til opførelsen af Cementfabrikken i Rørdal ved Aalborg, købte han tre patenter, der skulle gøre Danmark og specielt firmaet F.L. Smidth & Co førende indenfor Cementfabrikationen i Verden: det engelske patent på Portlandcement, et amerikansk patent på fremstillingen af cementklinker i store roterovne med indblæst kulstøv som brændsel og et dansk-fransk patent på et knuseværk til klinkerne.

Den højere brændingstemperatur ved Portlandcementen betyder, at der i stedet for dicalciumsilikat dannes det endnu hurtigere hærdende tricalciumsilikat ( $C_3S$ ). Cementen hærdet derfor endnu hurtigere og hårdere op – så meget, at der skal tilsættes ca. 3 % gips for at sænke hærdningshastigheden.

### Mørtler af luftkalk, hydraulisk kalk og Portlandcement

Man kan vurdere mørtler i forhold til ni forskellige egenskaber:

- mekaniske egenskaber
- trykstyrke

- bøjestrækstyrke
- elasticitet
- fugtekemiske egenskaber
- kapillarsugning
- udtørring
- frostfasthed
- håndværksmæssige egenskaber
- bearbejdighed
- vedhæftning
- hærdningsmønster og -hastighed

Man kan indledningsvis nævne, at de hydrauliske Kh-, KKh og KC-mørtler hærdet i to tempi. Først hærdet de hydrauliske bindemidler på få timer gennem en hydratisering ved hjælp af vand. De hydrauliske bindemidler danner derved dels et fast og stærkt skelet, så pudsens eller mørtelens er relativt hård med det samme, dels bruger de en del af vandet i mørtelen. Først derefter hærdet luftkalken gennem sin karbonatisering, men de svindrevner, der derved dannes, udtørret porerne og standset den vandkrævende hydratisering.



*Klassistisk facade med refendfugning udført af den første hydrauliske kalk i Danmark: bornholmsk cement, kendelig på sin smukke grårosa farve, hvilket skyldes alun og jernforbindelser i den bornholmske hydrauliske kalk fra Limensgade.*

Derfor afhænger den færdighærdede mørtels egenskaber fuldstændig af de fugtforhold, der er til stede ved hærdningen. Forsøg har vist, at både luftkalkmørtel og hydraulisk kalkmørtel skal hærde i relativ fugtig luft, ca. 85 % RF for at opnå den mest ideelle styrke, vedhæftning og porestruktur. Det er en udbredt misopfattelse, som desværre har været publiceret og citeret vidt og bredt, at en KC-mørtels eller KKh-mørtels trykstyrke og trækstyrke starter med at svækkes ved meget små procentvise tilsætninger af Portlandcement eller hydraulisk kalk til en luftkalkmørtel.

#### Mekaniske egenskaber

Sammenligner man de to luftkalkmørtler (K-mørtler) med de to hydrauliske mørtler (Kh- og KKh-mørtler) og de to mørtler med Portlandcement (KC- og C-mørtler), har K-mørtlerne generelt ringere trykstyrke og hårdhed end såvel Kh og KKh-mørtlerne, KC og C-mørtlerne – i nævnte rækkefølge. Det er dog ikke værre end at K-mørtler sagtens kan anvendes til såvel opmuring som almindelig udvendig og indvendig puds efter de gældende murnormer.

Derimod har den additive, hydrauliske kalkmørtel, KKh-mørtlen, generelt bedre bøjestrækstyrke og elasticitet end K-mørtler og KC-mørtler. K-mørtlen er afgjort den svageste, hvilket imidlertid er en fordel ved anvendelse på ældre bygningers i forvejen relativt svage overflader. Man mindsker dermed chancen for, at der opstår en kamp mellem materialerne, som de nypåførte materialer vil vinde - med endnu større skader til følge.

#### Fugtkemiske egenskaber

I forhold til de fugtkemiske egenskaber gælder det ligeledes, at de to

K-mørtler på grund af deres porestruktur hurtigere afgiver vand end Kh- og KKh-mørtlerne, KC-mørtlerne og C-mørtlerne – i nævnte rækkefølge. Med til at holde på fugt, vand og salte i murværket er også indholdet af gips i både Portlandcementmørtel og i de naturlige og additive, hydrauliske kalkmørtler.

De fugtkemiske egenskaber er uhyre vigtige for murværkets og pudsens holdbarhed på længere sigt, da de er bestemmende for fugtens kapillære vandring i murværket og pudsen, herunder fugtopstigningshøjde, -hastighed, fordampningsområder, saltoptagelse, saltvandring og saltkrystallisation i overfladen, frostfasthed m.m.

#### Håndværksmæssige egenskaber

Med hensyn til de håndværksmæssige egenskaber har kulekalkmørtlen, både som luftkalkmørtel og som additiv, hydraulisk kalkmørtel via sin særlige fine partikelstruktur de bedste egenskaber med hensyn til smidighed, bearbejdelighed og vedhæftning. Det giver samtidig disse mørteltyper god frostfasthed og modstand overfor saltkrystallisation.



Muring med hydraulisk kalkmørtel, farvet med gyldenbrun farve

Både den naturlige, hydrauliske Kh-mørtel, samt KC- og K-mørtlerne er, på grund af en grovere og anderledes porestruktur, vanskeligere at arbejde med, herunder vanskeligere at kaste ud og få til at sidde fast på blank murværk med f.eks. glatte maskinsten.

#### Konklusion: Kalkmørtel er ikke et ensartet materiale

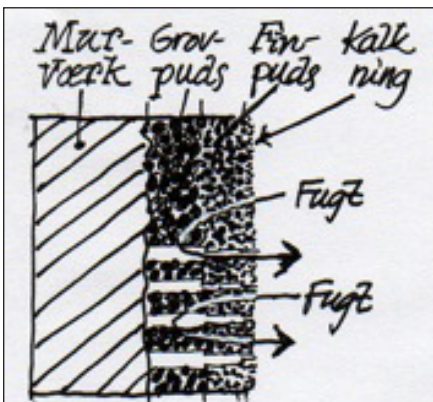
En konkret kalkmørtels kvalitet og egenskaber på et bestemt sted afhænger af fem faktorer:

1. Mørtlens tilpasning det konkrete sted og formål gennem valg af kalktype, styrke, svaghed samt tilslagsmaterialernes beskaffenhed.
2. Mørtlens hærdningsmåde (luft- eller vandhærdning) samt hærdningshastighed.
3. Fugtforholdene, både i form af en godt forvandet bund og en forholdsvis høj fugtighed (ca. 70-80 % RF) og middellav temperatur, min. 2 - maks. 22 grader C.
4. Mørtlens porestruktur – både det enkelte lag og ved opbygningen af flere lag.
5. Den håndværksmæssige udførelse, både af selve mørtlen og af påførslen

En kalkmørtel er derfor stort set aldrig ens fra gang til gang, fra sted til sted og fra håndværker til håndværker. Det betyder dog ikke, at der er frit slag til at gøre alt muligt. Tværtimod er der ret snævre marginer for udførelserne – og fra succes til fiasko.

### Fra grove til fine porer

Et vigtigt princip ved valg af mørtel er en følge af, at fugt og vand, der er væsentlige, nedbrydende faktorer, bevæger sig kapillært i de porøse materialer – dvs. at vandet altid bevæger sig fra store porer til små porer. Et dækkende pudslag skal derfor bygges op af 2 lag mørtel: et groft udkast på 2-3 cm tykkelse med forholdsvis groft sand i, der skal hærde i mindst et til tre døgn, efterfulgt af et tyndere lag finpuds med finere sand i. Grovpudsen skal kastes på, ikke glittes/trækkes op.



En dækkende puds skal udføres i to lag (udkast), en grov mørtel på bunden og en finere mørtel uden på, når den første er hærdet (carbonatiseret). Så vil vand og murfugt automatisk blive trukket ud til overfladen. Hvis der ydermere afsluttes med en kalkning med helt fine porer, bliver denne vandafvisende' effekt yderligere forstærket.

På ældre murværk skal der af samme grund ikke påføres et grundingslag under grovpudsen bestående af en vællingsagtig mørtel, der kastes på, da dette danner en finporet lag, der vil trække vand og fugt den forkerte vej ind i murværket. Den udadgående, kapillære transport fra grove til fine porer kan blive ekstra effektiv og forfinet ved at blive afsluttet med en kalkning og dermed et lag helt fine porer yderst. Dette gælder ikke mindst ved farvet puds, hvor et kalklag i samme farve som pudsen vil gøre overfladen mere ensartet, holdbar og fugtafvisende.



Pudslag på udvendige facader skal kastes på med hånden (øverst t.v.) for at sikre en god vedhæftning. Dernæst glattes overfladen med et pudsebrædt eller en kardesk.

## Udførelse og reparation

### Håndværket

Ved håndværksmæssig udførelse af facadepuds i luftkalkmørtel, hydraulisk kalkmørtel eller KC-mørtel er der tre grundregler, man skal overholde:

1. Vejr og temperatur skal være min. +5 grader og max. 22 grader Celcius. Ved temperaturer under 5 grader går de kemiske processer i stå, og mørtelen bliver svækket og skjoldet. Under 0 grader kan der komme frostskafer. Over 22 grader går de kemiske processer for hurtigt og pudsen carbonatiserer ikke optimalt.
2. Mørtelen skal kastes på. Der er meget stor forskel på vedhæftningen og holdbarheden på en udvendig puds, der er kastet på og én, der er trukket på bunden.
3. Der skal rives godt op i fladen mellem første og andet lag, før det første lag er hærdet, for at sikre en god vedhæftning mellem lagene.

### Reparationsarbejder

Ved reparationsarbejder på ældre bygningers facader skal man altid arbejde med princippet svagere på svag - aldrig stærk på svag. Derfor skal alle pudsreparationer og nypudsninger på ældre bygninger udføres i en ren luftkalkmørtel eller en let hydraulisk KKh-mørtel - aldrig i en KC-mørtel eller en C-mørtel, der vil være alt for hård og vand/fugt-absorberende i forhold til det gamle murværk. Dette gælder også, selv om den puds, der skal repareres på, er en ældre cementpuds.

Erfaringer viser også, at hvis man skal overfladebehandle murværk eller



*Her ses første lag puds, hvor der er revet op i overfladen, så vedhæftningen til næste lag bliver optimal.*

puds med kalkfarver, kan det være et problem, at der er Portlandcement i mørtlen/pudsen. Kalken vil regne af.

På udsatte steder, f.eks. sokkelpuds eller en vestvendt gavl ved Vesterhavet, er luftkalkmørtlen imidlertid ikke stærk nok til at modstå forvitring, fugt, salte m.v. Her bør der benyttes den mere vandbestandige, hydrauliske kalkmørtel til facadepuds og fugemørtel. På særligt udsatte steder, f.eks. brandkamme, taggrater, tagrygninger, skorstene og udvendige stentræpper, er en KC-mørtel mest hensigtsmæssig som fugemørtel og puds.

### Tyndpuds

Tyndpudsning af ældre facader i blank mur er meget populært i disse år. Det hævdes at kunne påføres i én proces, det kan forstærke ældre murværk under begyndende forvitring, det kan farves i mange moderne farver, og så kan man stadig se murværkets struktur igennem tyndpudsen. Endelig påstås det, at tyndpuds kræver meget lidt vedligeholdelse. Altså en nem, billig og teknisk god behandling på ældre murværk.

Alle fem påstande skal dog tages med et vist forbehold. Tyndpuds kan ikke påføres i én proces, da der kræves en grundig, forudgående istandsættelse

af bunden; tyndpudsen kan i stedet medføre en grim og skjoldet facade, der forvitrer hurtigt, kræver større vedligeholdelse og dermed flere penge på langt sigt end f.eks. blank mur.

Det kan herudover være meget vanskeligt og kostbart, ja ofte umuligt, at fjerne tyndpuds igen fra en facade, hvis kommende ejere af huset ønsker dette, herunder retablering af den oprindelige fugning på murværket.



*Tyndpuds med KC-mørtel. Ud over at det har en spættet og uensartet overflade, der ikke klæder ældre bygninger, holder Portlandcementen på fugten, den er for tæt og skaller derfor ofte af i grimme skaller.*

### Forbedring af kalkmørtel

Endelig skal det absolut frarådes at blande diverse additiver i form af: acrylater, PVA, silicone, kunstharpiks, kasein, organiske lime, æg, kopsis, kalivandglas og hvad man ellers kan finde på, i mørtlen. Kalkmørtel er et fremragende materiale med en række særlige egenskaber, som man skal kende og acceptere, som de er, på godt og ondt – og ikke forsøge at forbedre. Kalkmørtel er et materiale, der har kunnet være sig selv bekendt i over 2000 år. Hvis vi endelig skal gøre noget, skal vi hellere trænge dybere ind i dets ægte natur gennem forskning, analyser og forsøg.

## Blanding af mørtel

### Luftkalkmørtel

En luftkalk/kulekalksmørtel skal blandes i god tid inden brugen. Derudover er det vigtigt, at blandingen af såvel luftkalkmørtel som hydraulisk kalkmørtel foretages med en tvangsblender, og at man opererer med en blandetid på ca. 20 minutter. Dette sikrer en god opblanding og sammenrøring af kalk og sand samt at mørtlen bliver godt luftig.

Til en luftkalkmørtel af vådlæsket kulekalk (kalkdej) undgås så vidt muligt vandtilsætning under blandingen, idet kalkdejens indhold af kalkvand gør mørtlen tilstrækkelig smidig.

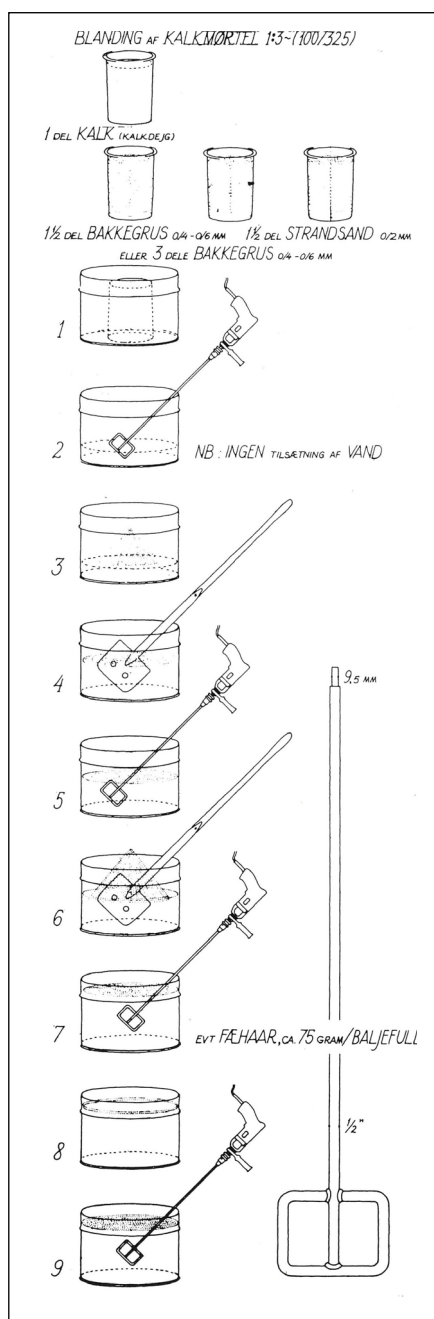
Ren kalkmørtel kan tåle at stå over fra byggedag til byggedag, når blot mørteloverfladen er glattet ud og dækket med en hinde af vand. De hydrauliske blandingsmørtler bør derimod benyttes i løbet af et par timer.

Til en luftkalkmørtel af vådlæsket kulekalk (kalkdej) undgås så vidt muligt vandtilsætning under blandingen, idet kalkdejens indhold af kalkvand gør mørtlen tilstrækkelig smidig.

Ren kalkmørtel kan tåle at stå over fra byggedag til byggedag, når blot mørteloverfladen er glattet ud og dækket med en hinde af vand. De hydrauliske blandingsmørtler bør derimod benyttes i løbet af et par timer.

### Hydraulisk kalkmørtel og KC-mørtel

Ved blanding af hydraulisk kalkmørtel blander man først den hydrauliske tørkalk sammen med halvdelen af sandet. Efter 5 minutters blanding i tvangsblender tilsættes den vådlæskede kulekalk (kalkdej) eller den tørlæskede



1: Kalkdejen slås ud i baljen. 2: Udrøres med mørtelpisker. 3: 1 1/2 del sand slås ud i kalkdejen. 4: Omrøres med spaden. 5: Piskes. 6: De sidste 2 1/2 del sand tilsættes, omrøres med spaden. 7: Piskes grundigt. Evt. tilsættes feehår i små portioner under grundig omrøring og piskning. 8: Ved hænd sætter mørtlen vand på overfladen. 9: Før brug omrøres mørtlen grundigt. Kilde: Byhuset.

hydratkalk plus resten af sandet samt den nødvendige vandmængde. Konsistensen skal være som en lind grød.

### Farvet puds / Indfarvet mørtel

Selv om pigmenterne ikke er et bindemiddel, udregnes den mængde, der skal bruges i farvet puds som 5-8 % af bindemiddelandelens vægt, idet denne altid er konstant 100 kg i idealblandingsforholdene. Blandingens sandmængde reduceres tilsvarende.

Pigmenterne udblødes i kalkvand til en tyk grød (farvepasta) et døgn før mørtelblanding. I en luftkalkmørtel (K 100/750) bestående af 10 kg hydratkalk og 75 kg sand skal der udblødes og tilsættes ca. 0,8 kg pigment, samtidig med at sandet skal reduceres med 0,8 kg. Blander man rummål 1:3, skal man efter hver tolvte spandfuld/skovfuld sand tilføje en 1/4 spand/skovfuld udblødt pigmentpasta plus 4 spande/skovfulde kalk.

I luftkalkmørtel blandes farvepastaen først godt sammen med sandet, hvorefter kalken tilføres, således at den samlede blandetid for alle tre ingredienser bliver ca. 20 minutter.

I hydraulisk kalkmørtel blandes pigmentpastaen og den hydrauliske kalk sammen med ca. halvdelen af sandet i ca. 5 minutter, hvorefter luftkalkdelen og resten af sandet blandes i og videreblandes i ca. 20 minutter sammen med en passende mængde vand.

Da den hydrauliske kalkmørtel skal bruges inden for ca. 2 timer, må man planlægge både blandingen og påførelsen meget nøje, da man for at mindske uheldige farvespring i pudsen skal påføre denne vådt i vådt fortløbende over hele facaden uden ophold. Man må først stoppe ved hushjørner, sokler, gesimser eller andre naturlige



afgrænsninger. Der må f.eks. ikke ses skel ved stilladsgangbroer. Dette løses ved, at der arbejdes mindst en person – om nødvendigt flere – på hver stilladsgang, så overgangene ikke når at tørre.

Det er vigtigt, at supplerende blandinger sker efter fuldstændigt samme mål, mængder og blandetider. Selv om man overholder dette helt præcist, kan en anderledes luftfugtighed næste dag af føde ændringer i den farvede pudsophærdede slutfarve.



Facade med farvet puds. Gesims, bånd og vinduesspejl er trykket op med hvidtekalk.

## Mørtelblandinger

Den klassiske blanding af vådlæsket kalk og sand er 1:3 i rummål, f.eks. spandefulde eller skovfulde, med en passende mængde vand. En sådan blanding har et kalkindhold på ca. 12 %. Man kan også blande efter vægt, men skal så benytte tørlæsket hydratkalk. Så bliver opskriften K 100/750 - dvs. 100 vægtdele hydratkalk og 750 vægtdele tørt sand.

Når man blander en hydraulisk kalkmørtel, benytter man stadig volumen-

forholdet 1:3 mellem bindemiddel og sand, blot deler man bindemiddeldelen i en luftkalkdel, der nævnes først, og en hydraulisk del som f.eks.: 1:1:6, 1:2:9 eller 2:1:9 med henholdsvis lige dele luft- og hydraulisk kalk (1:1), dobbelt så meget hydraulisk kalk (1:2) og dobbelt så meget luftkalk (2:1) som hydraulisk kalk.

I vægtdele bliver disse tre hydrauliske mørtler: 35/65/500, 28/80/475 og 50/50/575. Bindemiddeldelen (de to første tal) skal altid tage udgangspunkt i 100 kg. Når man anvender to slags bindemidler, f.eks. luftkalk og hydraulisk kalk, skal summen af deres masse fortsat være 100 kg: 35/65, 20/80 og 50/50.

De fleste af de følgende nævnte mørteltyper findes som færdigblandede mørtler, leveret i plastsække. Dette gælder også indfarvede mørtler i 8 nuancer.

### Mørtel til indvendig puds eller berøpning på vægge og lofter

I: 29 % luftkalkmørtel K: 1:1 (100/250). Sand: 0-2 mm eller som eksisterende puds.

II: 12 % luftkalkmørtel K: 1:3 (100/750). Sand: 0-2 mm eller som eksisterende puds.

### Opmuringsmørtel

II: 12 % luftkalkmørtel K: 1:3 (100/750). Sand: 0-4 mm eller som eksisterende.

III: Hydraulisk kalkmørtel KKh 1:2:9 (20/80/475). Sand: 0-4 mm eller som eksisterende.

### Mørtel til udvendig, dækkende puds (grovpuds og finpuds) på facader m.m.

II: 12 % luftkalkmørtel K: 1:3 (tørvægt: 100/750). Sand: Til grovpuds:

4-8, maks. 10 mm. Til finpuds: Fra meget fint stenmel (00) til 4 mm eller som eksisterende.

Pudsen opbygges i to lag, et groft udkast og en fin slutpuds. Der må ikke grundes eller svummes med en tynd mørtel, men bunden skal forvandes godt.

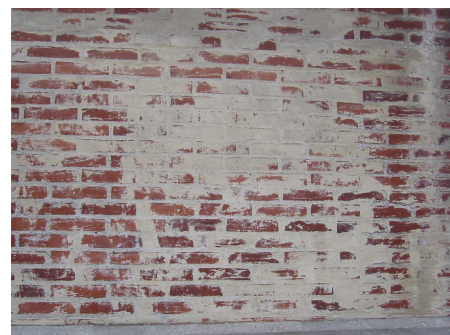
III: Hydraulisk kalkmørtel KKh 1:2:9 (tørvægt: 20/80/475). Sand: Til grovpuds: 4-8, maks. 10 mm. Til finpuds: Fra meget fint stenmel (00) til 4 mm eller som eksisterende.

Pudsen opbygges i to lag, et groft udkast og en fin slutpuds. Der må ikke grundes eller svummes med en tynd mørtel, men bunden skal forvandes godt.

### Mørtel til udvendig tyndpuds: Vandskuring, sækkeskuring og filtsning

II: 12 % luftkalkmørtel K: 1:3 (100/750). Sand 00-0,5 mm eller som eksisterende.

III: Hydraulisk kalkmørtel KKh 1:2:9 (20/80/475). Sand 0-0,5 mm eller som eksisterende.



Vandskuret facade. Var meget på mode i 1970'erne, men passer sjældent til bygninger ældre end 1970. Ved tyndpudsning må der ikke anvendes cemetholdig mørtel, da denne både bliver alt for tæt, så murstenene skaller, og derudover bliver umulig at fjerne helt igen, uden at skade murværket.

3 dele sand blandes med 2 dele hydraulisk kalk, hvorefter 1 del lagret kulekalk tilsættes, og til sidst de resterende 6 dele sand plus den nødvendige vandmængde. Blandetid ca. 20 min. i tvangsblender. Murværket skal forvandes godt inden påførelse af tyndpudsen.

Sandkalk (meget tyndt puds, der koster på): 4 rummål kulekalk, 1 rummål fint kvartssand 0-0,3 mm eller 0-0,05 mm, 3 rummål vand. Sandkalk påføres med skumgummi-filtsebrædt eller kalkkost. Der skal røres i blandingen hele tiden for at undgå, at det fine sand synker til bunds.

#### Mørtel til udvendig puds på ud-satte steder, f.eks. sokler og udkragede bånd

I: Hydraulisk kalkmørtel KKh 1:2:9 (tørvægt: 20/80/475). 3 dele sand blandes med 2 dele hydraulisk kalk, hvorefter 1 del lagret kulekalk tilsættes, og til sidst de resterende 6 dele sand plus den nødvendige vandmængde. Blandetid ca. 20 min. i tvangsblender. Sand:

Til grovpuds: 4-8, maks. 10 mm  
 Til finpuds: Fra meget fint stenmel (00) til 4 mm eller som eksisterende. Pudsens opbygges i to lag, et groft udkast og en fin slutpuds. Der må ikke grundes eller svummes med en tynd mørtel, men bunden skal forvandes godt.

#### Mørtel til fugning af murværk

III: Hydraulisk kalkmørtel KKh 1:2:9 (20/80/475). Sand: 00-4 mm eller som eksisterende.

#### Mørtel til muring og fugning af skorstenspiber, fugning af rygsten og gratsten m.m.

IV: Hydraulisk kalkmørtel KC: 1:1:6 (tørvægt: 50/50/750). Sand: 0-4 mm

Arbejdet må ikke udføres på tidspunkter, hvor der kan forventes frost.

#### Mørtel til fuger ved vinduer samt understrykning af tegltage

V: Hydraulisk kalkmørtel: KKh 2:1:9 (rummål) 50/50/575 (tørvægt). Sand 00-4 mm 3 dele sand blandes med 1 del hydraulisk kalk, hvorefter de 2 dele lagret kulekalk (min. 1 år) tilsættes, og til sidst de resterende 6 dele sand plus den nødvendige vandmængde. Blandetid ca. 10 min. i tvangsblender. Der iblandes yderligere ca. 5 liter fæhår (kohår) per 100 l mørtel.

#### Lagring af bindemidler og mørtel

- Luftkalk og luftkalkmørtler opbevares frostfrit.
- Mørtler i baljer kan opbevares natten over ved at dækkes med lidt vand.
- Vådlæskede mørtler (kulekalksmørtler) langtidslagres i plast-sække eller -spande og tåler fugt. Mørtlen kan opbevares i årevis.
- Tørmørtler skal langtidslagres i plastsække, på paller i et tørt rum uden træk. Mørtlen kan opbevares i flere måneder.
- Hydraulisk kalk skal opbevares tørt og beskyttet mod fugtig luft.
- Hydrauliske mørtler kan ikke lagres, men skal bruges i løbet af samme dag, afhængig af styrken.
- KC-mørtler skal forbruges i løbet af højst 3 timer.

#### Vinterarbejde

Ren kalkmørtel kræver lunt vejr. Pudse- og fugesæsonen med denne mørteltype er derfor begrænset til

sommerhalvåret. Med de hydrauliske kalkmørtler kan sæsonen strækkes fra april til oktober. Med frysensænkende midler i mørtlen (sprit eller lignende) og stilladstelt kan man fortsætte arbejdet ned til en lufttemperatur omkring frysepunktet, men til egentlig uden-dørs vinterarbejde egner disse mørtler sig ikke.

#### Mørteloverflader

Underlaget for puds skal være rut og porøst for at give en god vedhæftning. Røde, håndstrøgne eller blødstrogne sten (evt. i billig sortering) giver pudslaget den bedste bund for vedhæftning. Glatte maskinsten og nye, gule sten egner sig ikke til pudsning. Man opnår evt. en forbedret vedhæftning ved at udføre første udkast som spredte stænk med en ren hydraulisk mørtel 1:3.

## LITTERATUR OG LINKS

### Litteratur

Bygningsbevaring. Blad om materialer og vedligeholdelse og renovering til bl.a. fredede og andre bevaringsværdige bygninger.

Skandinavisk Jura-kalk Aps: 2. udg. 1989, 3. udgave 1995

Gode råd om vedligeholdelse og istandsættelse af facader, Søren Vadstrup, Raadvad-Centeret, 1999

Huse med sjæl. Søren Vadstrup, Gyldendal 2004

Murerbogen 1. Murerfaget. Murerfagets Lærebogsudvalg. Erhvervsskolernes Forlag, Odense 1996

Murerbogen 2. Materialeleære.  
Murerfagets Lærebogsudvalg.  
Erhvervsskolernes Forlag, Odense  
1996

Murerfaget. Puds - før og nu.  
Murerfagets lærebogsudvalg.  
Erhvervsskolernes Forlag og  
Murerfagets Oplysningsråd, Odense  
1999

Om byggeskik og vedligeholdelse,  
1983, udg. af Miljøministeriet,  
Fredningsstyrelsen

Renoveringshåndbogen. Mur & Tag.  
Forlaget Tegl, København 1999

Restaurering och reparation med puts-  
och murbruk. Thorborg von Konow,  
Åbo Akademis Förlag. Åbo 1997

### Links

Information om Bygningsbevaring:  
[www.kulturstyrelsen.dk/information-om-bygningsbevaring/](http://www.kulturstyrelsen.dk/information-om-bygningsbevaring/)

- Fundamenter
- Afrensningmetoder
- Overfladebehandling af udvendigt murværk og puds



Kalkning

BYG-ERFA, Byggetekniske  
Erfaringsformidling (kræver  
abonnement og password):  
[www.byg-erfa.dk](http://www.byg-erfa.dk)

- Udførelse af fugtspærre mellem fundament og vægge i ældre, murede bygninger, 2. udg. (29) 9712 16)
- Murbier i murværk – forebyggelse og reparation. (21) 10 05 19
- Undgå afsyring af murværk – misfarvninger og forvittringer (21) 08 06 27
- Forvitring af murværk fremkaldt af krystalliserende salte, 2. udg. (21) 99 11 25

- Saltudblomstringer på murværk, 2. udg. (21) 99 11 26
- Kalkning og maling af ældre facader (41) 93 09 01

Teknologisk Institut, Murværks-  
Centeret  
[www.mur-tag.dk](http://www.mur-tag.dk)  
Materialer om murværk, mørtler, puds  
m.v.

Byggeskadefonden  
[www.bvb.dk](http://www.bvb.dk).  
Materialer om istandsættelse af  
facader.

## KOLOFON

### Titel

Mørtel og puds

### Oplæg

Tekstoplæg: Søren Vadstrup, arkitekt  
m.a.a. Illustration: Curt v. Jessen  
Foto: Hvor intet andet er nævnt, Søren  
Vadstrup, arkitekt m.a.a. Center for  
Bygningsbevaring

### Copyright, redaktion og udgiver

Kulturstyrelsen, Kulturministeriet

### Opdateret

Maj 2012: Søren Vadstrup, arkitekt  
m.a.a., Center for Bygningsbevaring

### Yderligere oplysninger

Kulturstyrelsen  
H.C. Andersens Boulevard 2  
1553 København V  
Telefon 33 73 33 73