



# Kalkudblomstringer på betonoverflader

BETONOVERFLADER ER, SOM MANGE NATURMATERIALER, KARAKTERISTISKE VED ET NUANCERENDE FARVESPIL, SOM SAMMEN MED DE UBEGRÆNSEDE MULIGHEDER FOR FORM OG OVERFLADESTRUKTUR GØR BETON TIL ET UNIKT BYGGEMATERIALE – IKKE BLOT STRUKTURELT, MEN I HØJ GRAD OGSÅ ARKITEKTONISK

Betonens naturlige nuancer skyldes små forskelle i overfladens kapillarporøsitet og måske især forskelle i, hvorledes disse porøsiteter fyldes med kalkholdige reaktionsprodukter primært calciumkarbonat.

Formmateriale, formolie og sidst, men ikke mindst, hærdeforholdene er de væsentligste parametre, men betonens homogenitet og udstøbningsprocessen kan også have stor betydning.

Tærsklen for, hvornår betonens naturlige farvespil "bliver lidt for naturligt", er individuel, men helt hvide skjolder i form af kalkudblomstringer på en grå eller farvet betonoverflade vil nok overskride denne tærskel for de fleste bygherrers vedkommende.

Selvom det derfor i høj grad er i producentens interesse at undgå kalkudblomstringer, kender de fleste (alle) producenter af betonelementer, belægningssten og andre betonprodukter til problemet.

Kalkudblomstringer er selvfølgelig ikke noget nyt problem. Det har eksisteret så længe man har bygget med beton og kalkmørtel, og det er måske snarere en gåde, at man som regel undgår kalkudblomstringer, end at de forekommer en gang imellem.

Det er måske unfair først nu at skuffe læseren med, at løsningen på problemet heller ikke præsenteres i denne artikel. Der gives derimod en beskrivelse af mekanismerne, samt en gennemgang af de forholdsregler, man kan tage for at

mindske risikoen for kalkudblomstringer.

Nogle af disse forholdsregler anvendes allerede i vid udstrækning i branchen, andre vil måske være en mulighed, og atter andre vil måske for nærværende være urealistiske i praksis.

## Mekanismer

Kalkudblomstringer er, som betegnelsen siger, kalkforbindelser, som trænger ud af betonen og aflejres på overfladen.

Når cement reagerer med vand og danner de primære reaktionsprodukter (calciumsilikathydrater), er der et overskud af calcium, som aflejres som calciumhydroxid i kapillarporerne.

I en portlandcement vil der i forhold til cementmængden typisk dannes 20-25 vægt-% calciumhydroxid, hvilket med f.eks. 300 kg cement pr. m<sup>3</sup> vil medføre 60-75 kg calciumhydroxid pr. m<sup>3</sup> beton.

Til sammenligning vil en aflejring på overfladen svarende til godt 1 g calciumhydroxid pr. m<sup>2</sup> medføre et synligt kalkslør. Det svarer til den mængde, som findes i et 2/100 mm tykt betonlag.

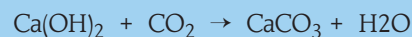
Selvom det ikke er al calciumhydroxiden i de yderste lag, der opløses og aflejres på overfladen på én gang, illustrerer det dog, at mængderne af calciumhydroxid er enorme i relation til problemet kalkudblomstringer.

Forskellige cementer kan danne lidt forskellige mængder af calciumhydrox-

id, men det er helt uden betydning i den store sammenhæng, calciumhydroxid vil altid dannes i rigelige mængder.

Calciumhydroxid er opløselig i vand, og hvis en forholdsvis ny betonoverflade er våd gennem længere tid, kan calciumhydroxiden nær overfladen opløses og transporteres ud i vandfilmen på overfladen, hvor den kan reagere med luftens kuldioxid og danne det tungtopløselige calciumkarbonat – kalkudblomstringer.

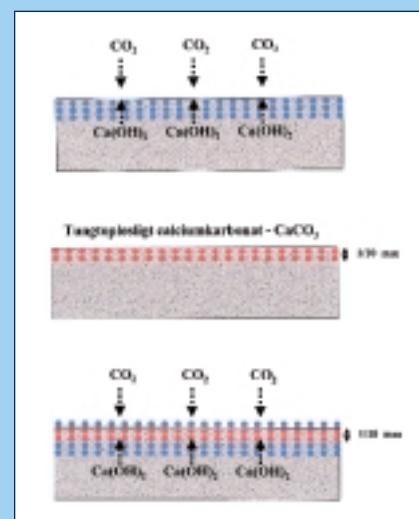
Reaktionen forløber via opløsning af calciumhydroxid og kuldioxid i vand, men nettoreaktionen er følgende:



Hærdebetingelserne i de første døgn, har som nævnt stor betydning for risikoen for kalkudblomstringer.

De ideelle hærdeforhold for at undgå problemet, vil være temperaturer over 15-20°C (gerne 30-40°C), høj luftfugtighed (80-95% RF) uden kondens, samt højt indhold af kuldioxid i luften.

Temperatur og fugtighed giver gode hærdeforhold, og calciumhydroxiden forbliver inde i betonen, hvor den grad-



Figur 1

vis reagerer med luftens kuldioxid (karboniserer) og danner tungtopløseligt calciumcarbonat.

Når overfladen efterfølgende udsættes for vand vil det karboniserede lag besværliggøre transport af calciumhydroxid til overfladen, og gøre den meget mere robust overfor kalkudblomstringer. Et karboniseringslag på blot 1/10 mm regnes at give en væsentlig beskyttelse.

Figur 1 illustrerer denne situation.

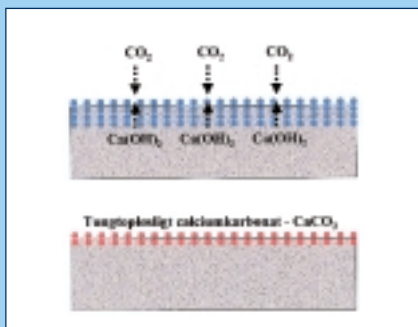
Høj temperatur og luftfugtighed er forhold man i forvejen tilstræber af hensyn til betonens styrke- og holdbarhedsegenskaber, men indholdet af kuldioxid vil ofte ligge langt under de ca. 0,03%, som er i almindelig luft – simpelthen fordi betonen forbruger kuldioxiden.

Hvis 1 m<sup>2</sup> af en beton med et cementindhold på 300 kg pr. m<sup>3</sup> skal karboniseres i en tykkelse på 1/10 mm, vil det således kræve en kuldioxidmængde svarende til indholdet i 10 m<sup>3</sup> luft.

Kuldioxidindholdet i luften vil således falde, og dermed også karboniseringshastigheden, og man kan derfor ikke forvente nogen væsentlig karbonisering i hærdekamre o.l., hvor luftskiftet ofte er ret begrænset, med mindre man gør noget for at tilføre kuldioxid – se herom senere.

Gode hærdeforhold medfører en tættere beton, hvilket i sig selv giver en vis beskyttelse mod kalkudblomstringer, så selv uden karboniseringen mindskes risikoen.

Hvis betonen efter det første døgn hærkning udsættes for vedvarende fugtbelastninger kan forløbet blive som



Figur 2

illustreret i figur 2, man får dannet det tungtopløselige calciumcarbonat på overfladen og kalkudblomstringerne er en realitet.

Figur 3 illustrerer et andet forløb med samme resultat. Hvis betonen tørrer tidligt ud i overfladen vil hærdeningen her gå i stå, og overfladen vil blive mere porøs. Da der samtidig vil være uhydratiseret cement og da karboniseringen af det calciumhydroxid, som er dannet ikke vil ske ved lav fugtighed, kan der være stor risiko for kalkudblomstringer, når overfladen senere udsættes for fugt.

## Konsekvenser

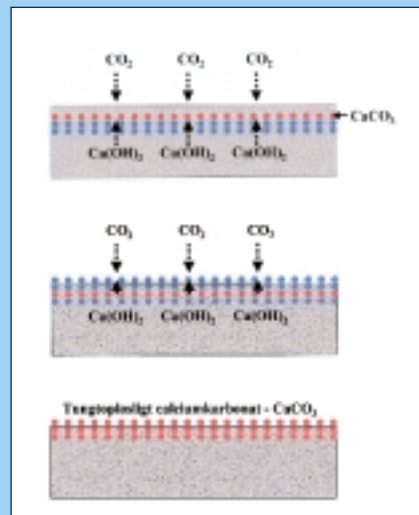
Karboniseringen er en naturlig del af betonens hærkning, og korrekt valg af dæklag og betonkvalitet sikrer den ønskede levetid før dæklaget er gennemkarboniseret.

Kalkudblomstringer vedrører, som nævnt, den yderste mm eller mindre af overfladen, og har ingen betydning for betonens holdbarhed.

Der er altså tale om et rent æstetisk problem, hvilket selvfølgelig kan være alvorligt nok.

## Forholdsregler

Gode hærdeforhold (temperatur og fugt) er det første man bør fokusere på,



Figur 3

idet man derved samtidig opnår de bedste styrke- og holdbarhedsegenskaber.

For belægningssten og fliser, er det endvidere vigtigt, at komprimeringen er så god og ensartet som muligt, samt at mængden af cementpasta er så højt, at man får en tæt overflade.

Man skal ligge så tæt på det punkt, hvor produktet ikke er formstabilt, som muligt. Det er lidt af en kunst, men en god styring og et godt produktionsudstyr er afgørende.

Et lavt vand/cement-tal vil sædvanligvis være en lille fordel, fordi betonen bliver tættere, men man skal være opmærksom på, at der ved meget lave vand/cement-tal (f.eks. 0,30) vil forekomme en del uhydratiseret cement, som kan forårsage hurtige kalkudblomstringer, når overfladen bliver våd.

Overdreven brug af formolie kan retardere overfladen, og øge risikoen for kalkudblomstringer.

Nogle betonelementproducenter har mulighed for indendørs efterhærkning i nogle døgn, og det er i denne forbindelse vigtigt, at temperatur og ikke mindst luftfugtighed er passende høj. Hvis ikke, risikerer man forhold, som illustreret i figur 3.

Styring af kuldioxidindholdet under hærningen praktiseres ikke i Danmark, men bl.a. i Tyskland og USA benyttes systemer, hvor man opvarmer hærdekamrene med direkte gasfyrede fordampningsanlæg, så man udover optimale temperatur- og fugtforhold opnår et kuldioxidindhold på op til 300 gange højere end i almindelig luft. Hvis dette system er økonomisk fornuftigt, synes det at være ideelt.

Når efterhærningen sker på lagerplads eller på byggeplads, er man underlagt det lunefulde danske vejr, og det er især i vinterhalvåret man oplever problemer med kalkudblomstringer.

Det skyldes flere faktorer, som alle virker i uheldig retning.

Betonen hærder langsommere ved de lave temperaturer, og den "indre" karbonisering, som kan gøre overfladen robust overfor kalkudblomstringer går stort set i stå – dels på grund af tem-

peraturen, dels på grund af højt vandindhold i betonens kapillarporer.

Samtidig vil overfladen oftere være våd i længere perioder, og for at føje spot til skade, er opløseligheden af calciumhydroxid højere ved lave temperaturer.

Der er reelt kun to alternativer for at gardere sig mod problemerne i vinterhalvåret, enten at forbedre forhærdningen, eller at beskytte betonen på lager-/byggeplads mod vand.

Figur 4 viser forskellige grader af kalkudblomstringer på et byggeri, hvor den nederste etage er opført om vinteren, og den øverste om sommeren.

Tilsætning af stearater til betonen har vist sig at mindske risikoen for kalkudblomstringer. De formodes at virke ved, at deres hydrofoberende egenskaber gør det vanskeligere at vandfylde poresystemet, hvorved transporten af calciumhydroxid fra betonens indre til overfladen afbrydes.

De giver dog ikke 100% sikkerhed, men de flytter nogle grænser, så betonen kan modstå mere ugunstige forhold, end den ellers ville kunne.

Efterbehandling af overfladen med siloxan el. lign. kan have samme virkning. Det bedste resultat opnås, hvis man venter nogle døgn med påføringen. Fra et produktionsmæssigt synspunkt er dette ikke ideelt.

Puzzolanmaterialer som flyveaske og mikrosilica reagerer med calciumhydroxid i betonens porevæske, men da processerne forløber langsomt, hjælper de ikket meget på kalkudblomstringsproblematikken.

Betonvarer vil sædvanligvis blive palleteret dagen efter de er produceret og evt. betrukket med en krympefolie el.lign. Uanset hvordan man bærer sig ad, vil de være vanskeligt at sikre sig mod længerevarende vandpåvirkninger fra regn eller kondens i dele af stakken. Den overdækkede lagerplads vil også her være en fordel, men det vil måske være mere realistisk, at forbedre forhærdningen.

Man oplever af og til, at betonelementer under montage udsættes for



Figur 4

unødvendig vandtilførsel, f.eks. fra overliggende dæk. Herfra udvaskes calciumhydroxid, som sammen med vandet løber ned over facaden, eller ned i isoleringen, hvorfra den efterfølgende transporteres ud gennem forpladen og trækker kalkforbindelser med ud til overfladen. Dette er selvfølgelig meget uheldigt, og bør løses allerede under planlægningen af byggeriet.

### Afhjælpning

Tiden læger alle sår – og med lidt hjælp fra vejr og vind – også kalkudblomstringer. I mange situationer vil man opnå det bedste slutresultat, hvis man lader tiden klare problemerne.

Selvom kalkudblomstringerne er tungtopløselige i vand vil de med tiden opløses, ikke mindst fordi regnvand ofte er lidt surt, hvilket øger opløseligheden.

For udendørs belægninger kan man evt. fremskynde processen ved at drysse skarpt sand ud på overfladen.

Kalkudblomstringer på udendørs belægninger vil sædvanligvis forsvinde i løbet af et års tid.

For facader med lette kalkudblomstringer, som udsættes for vejr og vind, vil det som regel også give det bedste resultat at afvente udviklingen.

Hvis der er tale om meget kraftige

kalkudblomstringer, kan man vælge at fjerne dem ved afsyring.

Man skal vælge en syre, som er så svag som muligt, idet en for stærk syre vil opløse såvel kalkudblomstringerne, som cementpastaens primære reaktionsprodukter. Hvis man vælger saltsyre, som er den hyppigst anvendte, skal den fortyndes med vand 1:10 til 1:20, hvor man bør forsøge med den svageste først.

Der findes en række produkter på markedet til at fjerne kalkudblomstringer, alle baseret på syre. Nogle af dem kan være lettere at "styre" end f.eks. saltsyre.

Da man ved afsyringen også fjerner det beskyttende calciumkarbonatlag umiddelbart under overfladen, er det vigtigt, at afsyringen foretages under vejrforhold, som giver mindst mulig risiko for nye kalkudblomstringer, hvilket vil sige i sommermånederne under stabile vejrforhold.

Inden afsyringen skal overfladen vandmættes, så de opløste kalkforbindelser (og chlorider) ikke suges ind i betonen. Det vil være lettest, at udføre afsyringen på en vandret flade, og ved lodrette flader er det vigtigt, at begynde afsyringen fra neden. Der benyttes en blød kost.

Når området er afsyret skylles grundigt med vand, og resultatet kan vurderes, når overfladen er tør.

Om nødvendigt gentages behandlingen – dette giver bedre resultat end anvendelse af en stærkere syre.

Man bør altid udføre en prøve på et mindre synligt område, men det er vigtigt at afsyringen foretages på "hele områder", man kan ikke "pletrense" kalkudblomstringer.

**CtO** Cementfabrikkernes  
tekniske Oplysningskontor  
Rørdalsvej 44  
Postboks 165  
9100 Aalborg  
Telf. 99 33 77 54

**AALBORG  
PORTLAND**

