

**Dansk Betondag 2004**  
Hotel Svendborg, Fyn  
23. september 2004

## **Hvid beton - sikkerhed og æstetik**

Project Manager  
Tommy Bæk Hansen

Marketing Manager  
Brian Schou Nielsen

Project Manager  
Hans Bruun Nissen

**Aalborg Portland A/S**  
**Rørdalsvej 44**  
**Postboks 165**  
**9100 Aalborg Ø**  
**98 16 77 77**  
**[sales@aalborg-portland.dk](mailto:sales@aalborg-portland.dk)**  
**[www.aalborg-portland.dk](http://www.aalborg-portland.dk)**

## 1. Indledning

Hvid beton er i mange år blevet anvendt i dansk byggeri. Resultaterne har været varierende; Selvom mange bygninger har opfyldt forventningerne til udseende og funktion, er der også eksempler på at bygninger efter en årrække har haft et uønsket udseende, typisk i form af uønsket snavs og begroninger på facaderne.

Hvid beton giver, ud over høj styrke og god fysisk holdbarhed, næsten uanede æstetiske muligheder. Hvid beton kan være glat eller ru, forfinet eller rå, blændende hvid eller kraftigt farvet - det er stort set kun fantasien der sætter grænser. Udnyttelsen af disse muligheder begrænses dog, hvis udseendet efter et stykke tid ikke længere svarer til forventningerne..

Det er hvad begrebet "æstetisk holdbarhed" drejer sig om - at kunne sikre at en bygning ser ud som ønsket til ethvert tidspunkt. Gennem 3 år er der på AALBORG WHITE<sup>®</sup> Research and Development Centre (RDC) og i AALBORG WHITE<sup>®</sup> Technical Team systematisk arbejdet med at forstå mekanismerne bag æstetisk holdbarhed, og ikke mindst hvilke faktorer der kan udnyttes til at kontrollere ældningsforløbet. To foreløbige foldere primært baseret på litteraturstudier blev i 2003 udgivet i samarbejde med Teknologisk Institut [1,2], og kan rekvireres på [www.aalborg-portland.dk](http://www.aalborg-portland.dk). Denne og yderligere viden fra litteraturen krydret med RDC's egne resultater er nu publiceret i AALBORG WHITE<sup>®</sup> rapporten "Aesthetic Durability of White Concrete Structures" [3], der ligeledes kan rekvireres på Aalborg Portland's hjemmeside.

## 2. Æstetisk holdbarhed generelt

Æstetisk holdbarhed har vi defineret som: "Evnen til at fastholde et ønskværdigt udtryk til ethvert tidspunkt". Denne simple formulering dækker over en lang række indbyrdes koblede mekanismer, der tilsammen er bestemmende for hvordan en given bygnings udtryk ændres med tiden.

De grundlæggende mekanismer har været kendt siden før århundredeskiftet [4]. Guidelines og anbefalinger har været tilgængelige i mere end 30 år og udgives stadig [5..8, 1..3]. Når det alligevel går galt hænger det ofte sammen med at der ikke er taget bevidst stilling til hvordan den æstetiske udvikling af bygværket ønskes, eller hvordan dette sikres. Disse overvejelser overlades ofte til bygherre eller bruger, men vel og mærke *efter* at en lang række beslutninger der påvirker denne udvikling er truffet. Dette er ikke hensigtsmæssigt; Bygningen risiker dels at få et udtryk der af bygherre eller bruger betragtes som grimt, dels er det dyrt at vedligeholde en bygning for at opnå et givet udseende, hvis bygningens design og udførelse ikke er målrettet mod at opnå dette udtryk.

Det er her nødvendigt at præcisere at æstetisk holdbarhed ikke kun drejer sig om at *fastholde* et givet udtryk. Det kan også være målet at fremelske en særlig patinering eller andre effekter, hvis dette er ønskværdigt i forhold til helhedsindtrykket eller oplevelsen af dele af bygningen. Sikring af æstetisk holdbarhed drejer sig om at *indfri forventninger* til et byggeris udseende, uanset hvad disse forventninger måtte være. Der er to yderligheder:

- ▀ At accelerere ældningsmekanismerne for hurtigst muligt at opnå en bestemt patinering
- ▀ At bremse ældningsmekanismerne mest muligt, for at reducere enhver patinering.

I spændet mellem disse yderligheder ligger et lige så stort udvalg af udtryksformer, som for selve betonkonstruktionen, og valg vedrørende æstetisk ældning er mindst lige så vigtigt for oplevelsen af bygningen, som alle øvrige designvalg.

Det er vigtigt at se byggeriet som en helhed; Design, udførelse og vedligehold er alle er med til at sikre at det ønskede udtryk udvikles. En åben dialog mellem bygherre, arkitekt og rådgiver om ønsker til det æstetisk udtryk bør derfor være en naturlig del af skitsefasen i ethvert byggeprojekt, og bør følges op af en dialog med entreprenør, producenter og håndværkere i de senere faser. Herved sikres at der i både projektering og udførelse tages hensyn til de ønsker bygherren har til udtrykket af bygningen på både kort og lang sigt, og øger sandsynligheden for at disse forventninger indfris.



*Figur 1: Hvis forventningen var et uændret udtryk, ville forventningen ikke være indfriet i eksemplet til venstre, mens den er det i eksemplet til højre. Designet påvirker hvordan snavs og vand vaskes ned over facaderne og dermed i hvor høj grad afrensning er nødvendig for at fastholde et uændret udtryk. De to bygninger er begge ca. 10 år gamle.*

### **3. Æstetisk holdbarhed af hvid beton**

Hvid beton fremhæver enhver form for farvevariation på overfladen, på samme måde som støv og snavs tydeligt ses på hvidt stof. Moderat patinering og tilnavsning, der normalt accepteres på f.eks. grå beton og mursten accepteres derfor ikke altid på hvid beton. Samtidig anvendes hvid beton ofte til prestigebyggerier hvor der stilles store krav til udseendet. Kombinationen af små tolerancer og store krav giver naturligvis fra tid til anden problemer, og var årsagen til at RDC igangsatte et større forskningsprojekt, med det formål at søge muligheder for at forbedre den æstetiske holdbarhed af hvide betonkonstruktioner.

Projektet omfattede et grundigt litteraturstudie inkl. indsamling af fotomateriale af referencebygninger, udvikling og indkøring af instrumenter til farvemåling af betonoverflader og accelereret ældning af betonoverflader, samt udendørs og accelereret eksponering af betonoverflader. Projektets resultater nu er udgivet i form af en samling guidelines [3]:

Resultaterne fra RDC's undersøgelser viser, at der er forskel på hvor hurtigt forskellige betonoverflader ældes for samme belastning. For et givet design vil der derfor vha. ændringer i betonsammensætning og udførelse (herunder evt. efterbehandling) kunne ændres på hvor ofte der skal vedligeholdes for at fastholde et givet udtryk, eller hvor lang tid der går før et givet udtryk nås, afhængigt af ønske til den æstetiske udvikling. Det er her vigtigt at bemærke, at betonsammensætning og udførelsesprocedure er af omtrent lige stor betydning for ældningshastigheden.

Til gengæld viser både eksemplerne i litteraturen, og det indsamlede fotomateriale også at kombinationen af design og vedligehold er af overordentlig stor betydning for det samlede æstetiske udtryk, vigtigere end betonsammensætning og udførelse tilsammen.

En bygning der er designet med henblik på at udvikle et givet æstetisk udtryk og vedligeholdes derefter vil oftest få det ønskede udtryk, selv for meget forskellige betonsammensætninger og udførelsesprocedurer. Det bedste resultat opnås naturligvis når alle aspekter af byggesagen er tilpasset samme æstetiske mål. Konkrete forhold mht. design, betonsammensætning, udførelse og vedligehold der bør overvejes i forbindelse med projektering, udførelse og brug af bygninger i hvid beton er beskrevet i rapporten, understøttet med resultater fra eksponeringsforsøg og eksempler.

#### **4. Trafiksikkerhed - at fastholde et givet udtryk**

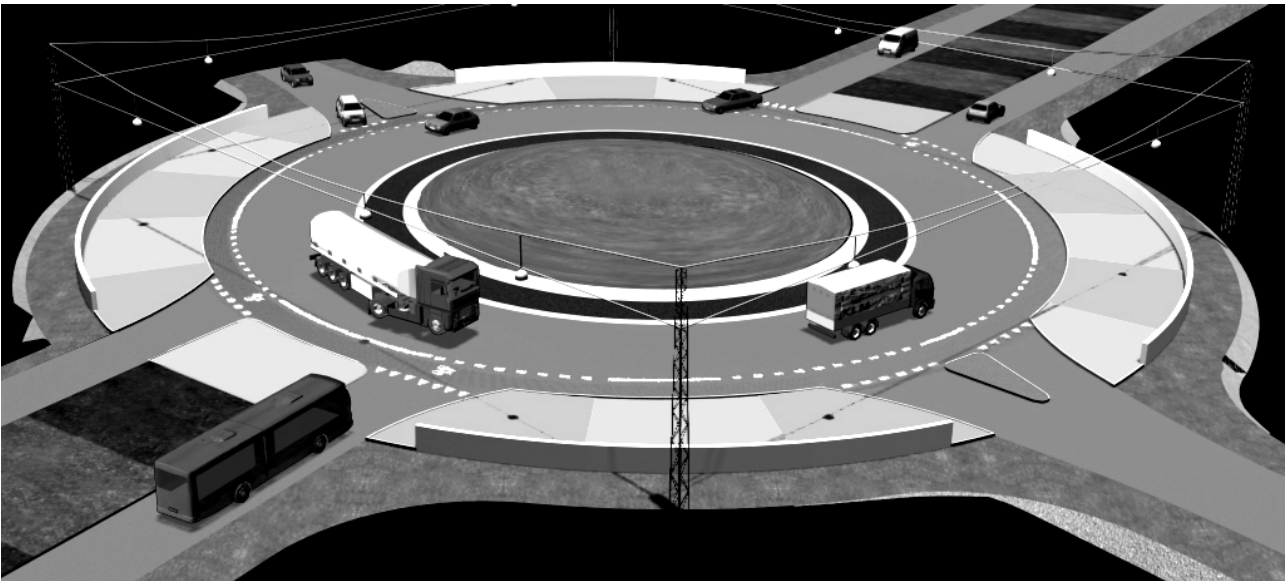
Ét aspekt i trafiksikkerheden er bilistens mulighed for at overskue vejforløbet. Dette kan være vanskeligt i vejr med dårlig sigtbarhed, fordi grænserne mellem vej og omgivelser populært set flyder sammen i mørkt og fugtigt vejr, særligt når der er meget lille farveforskel mellem vejbane og afgrænsninger som kantsten, barrierer, mv.

Ud over at fokusere på trafiksikkerhed har Vejdirektoratet gennem flere år haft en strategi for smukke veje [9,10]. Det smukke og sikre kan kombineres ved at anvende hvid beton til afgrænsning af vejforløbet. Hvide betonoverflader er særligt under fugtige og mørke betingelser meget synlige, fordi de fastholder høj refleksion i våd tilstand, mens omgivelserne (vejbane, fortove mv.) bliver meget mørke: Kontrasten mellem vejbane og afgrænsende elementer forøges. Samtidig skaber hvid beton ved sine næsten grænseløse udtryksformer en lang række æstetiske muligheder.

I et konkret projekt - en rundkørsel på cementvejen ved Jyderup på Sjælland - er hvid beton, både ren hvid og farvet, anvendt for at øge synligheden og oplevelsen af vejens forløb, se Figur 2 og 3.

For at sikre at refleksionen - og dermed effekten på trafiksikkerheden bevares - er alle betonelementer udført i blødstøbt beton. Dette giver en glat, tæt overflade, der dels ikke så let absorberer smuds, dels er lettere at afrense. For yderligere at øge smudsafvisningen er betonen iblandet stearat. Desig-

net er enkelt - glatte overflader der ikke øger risikoen for smudsansamlinger og give mulighed for begroninger. Alle overflader er let tilgængelige, så vedligehold let kan gennemføres.



*Figur 2: Modelbillede af rundkørslen: En indre og ydre ring i ren hvid beton afgrænser rundkørslen, mens røde og blå felter tydeliggør placering af de ind- og udgående veje.*



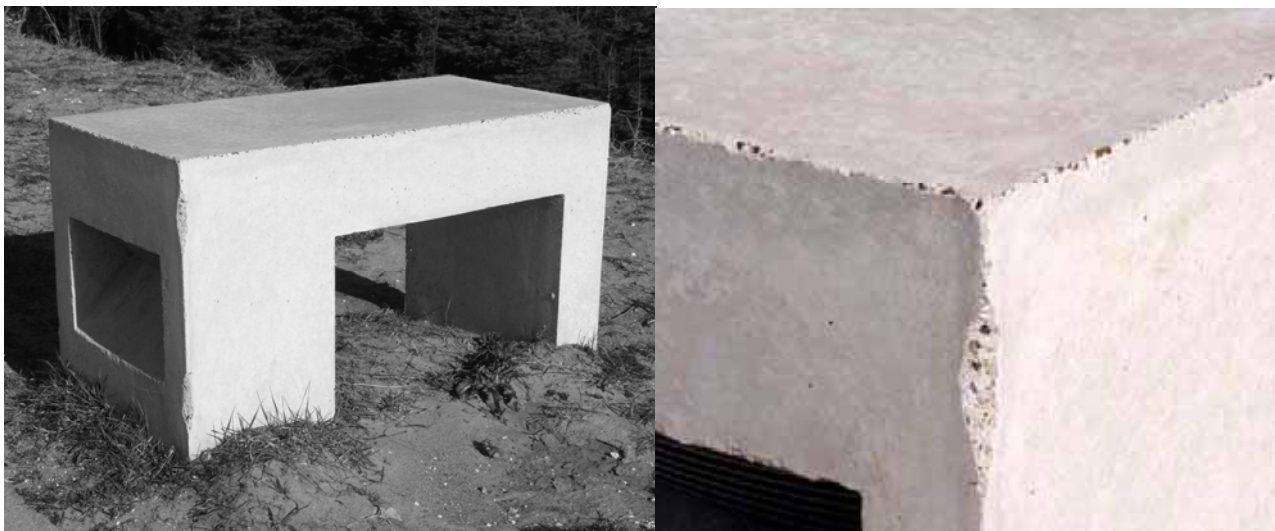
*Figur 3: Rundkørslen tæt på færdiggørelse: Vejens forløb er let overskueligt, og kontrasten mellem vejbane og afgrænsende elementer er meget stor i fugtigt vejr. Der ligger stadig sand på de farvede felter efter fugeopbygning mellem fliserne.*

## 5. "Mekanisk patinerung" - bevidst provokeret ældning

Til tider ønsker arkitekter at fremhæve bestemte kvaliteter eller egenskaber ved de materialer der anvendes i bygninger. Et konkret eksempel på dette er bunkermuseet i Hirtshals, hvor Cubo-arkitekter A/S ønskede at visualisere hvid beton som et ærligt materiale: Hvid beton kan røres ved, slides på og ældes uden at man finder andet end det man forventer.

For at sikre at dette hurtigt blev synligt blev formene lavet med skarp i stede for faset kant, hvilket resulterede i at kanterne allerede under afformning og montage blev knækket af, og den underliggende hvide beton eksponeret. Der var tale om en bevidst provokeret ældning - "mekanisk patinerung" - der skulle sikre at det ønskede æstetiske udtryk hurtigt blev nået. Resultatet er vist i Figur 4.

Dette tema - ærlighed, at det ydre afspejler det indre - er anvendt generelt i hele museet, idet de samme betonoverflader anvendes både i bygningens facader udenpå, og til vægge, gulve og montere indeni. Dette demonstrer også betonens fleksibilitet og robusthed; beton kan anvendes til både indendørs og udendørs brug og dermed knytte ude- og inderum sammen.



Figur 4: Kombineret bæk og lampe udenfor bunkermuseet - kanterne er knækket eller slidt af, og viser materialet for det det er - hvid beton hele vejen igennem.

## 6. Opsummering

Hvid beton er eksponent for de yderste grænser for mulighederne med beton, fremtidens materiale, fleksibelt, smukt og stærkt. Men som alle andre materialer skal det behandles med respekt for de muligheder og begrænsninger materialets indbyggede egenskaber giver.

Til støtte i denne proces er der udgivet en rapport om æstetisk holdbarhed af hvid beton, der illustrer hvorledes design, udførelse og vedligehold af betonkonstruktioner bør være afstemt i forhold til den udvikling af æstetisk udtryk der ønskes for konstruktionen.

Anvendes disse principper kan hvid beton skabe æstetiske løsninger, og anvendt i infrastruktur sammenhæng øge sikkerheden på vore veje, på en måde der til stadighed indfrir vores forventninger.

## 7. Referencer

- [1] Jacobsen, T.B. et. al.: Smukke betonoverflader - produktion udførelse og vedligehold, Aalborg Portland / Teknologisk Institut, 2003.
- [2] Jacobsen, T.B. et. al.: Smukke betonoverflader - konstruktivt design, Aalborg Portland / Teknologisk Institut, 2003.
- [3] Aesthetic Durability of White Concrete Structures, Aalborg Portland A/S, 2004.
- [4] Dansk arkitektur 250 år, Arkitektens Forlag, 2004.
- [5] Hawes, F.: *Weathering of concrete buildings*, Cement and Concrete Association, 1986.
- [6] Cembureau Task force 2.3 - Concrete durability: *Durability of appearance of concrete facades*, Cimeurope for Cembureau - The European Cement Association, 1993.
- [7] Marsh, P.: Concrete as a visual material, Cement and Concrete Association, 1974.
- [8] Hertzell, T.: *Betongens Yte*, Byggeforskningsrådet, 1996.
- [9]: ”Strategi for Smukke veje”, Vejdirektoratet, 1995.
- [10] ”Smukke veje – fra idé til virkelighed”, Vejdirektoratet, 2002.