



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Smukke betonoverflader

- produktion, udførelse og vedligehold



Indhold

1. Hvorfor skifter betonoverfladen udseende?	4
Uensartethed	4
Smuds og begroning	4
Nedbrydning	5
2. Konstruktivt design	6
Bygningens overordnede udformning	6
Udformning af bygningsdetaljer	7
3. Produktion	8
Betonens sammensætning	8
Produktionsstyring	8
4. Udførelse	10
Formmateriale og formopbygning	10
Formolie (type, mængde, påføringsmetode)	10
Udlægningsmetode	10
Vibrering	11
Afrivning og glitning	11
Udtørningsbeskyttelse	11
Behandling af den hærdnede betonoverflade	12
Elementmontage	13
5. Vedligehold	14
Vedligeholdelsesplan	14
Afrejsning	14
Reparation	15
Forebyggelse af nye indgreb	15
6. Referencer	16

Forord

Beton er et alsidigt materiale med næsten uendelige muligheder for at skabe bygninger med smukke overflader. Beton kan fremstå lys eller mørk, glat eller ru, rolig eller sprælsk – det afhænger kun af delmaterialer, formmaterialer og efterbehandling. Det er derfor næsten altid muligt at finde en løsning, der passer til det ønskede arkitektoniske udtryk.

Trods disse spændende muligheder har betonoverflader ikke ry for at være smukke. Det er ikke altid uforklaret. Der findes eksempler på bygninger, hvor betonoverfladen ikke levede op til forventningerne på grund af et uheldigt valg af materialer eller uhensigtsmæssige udførelsesmetoder. Resultatet blev, at det nyopførte bygværk kom til at se anderledes ud, end det var tænkt, eller at betonen med tiden ændrede udseende på en måde, der ikke var acceptabel.

Men betonoverflader kan være smukke. Det kræver imidlertid en samlet indsats indenfor design, produktion, udførelse og vedligehold, hvilket igen fordrer et samarbejde mellem byggeriets forskellige parter tidligt i byggeprocessen. Forfatterne ønsker derfor både at vise gode eksempler på de resultater, der kan nås, når samarbejdet lykkes og betonarbejdet udføres med omhu, og at pege på nogle af de hyppigst forekommende faldgruber. Det sker i de to publikationer:

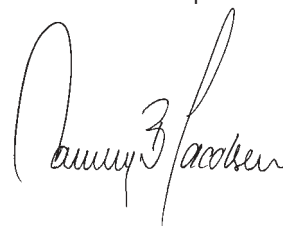
- *Smukke betonoverflader – konstruktivt design*
- *Smukke betonoverflader – produktion, udførelse og vedligehold*

De to publikationer kan læses hver for sig. Målgruppen for denne publikation er producenter af fabriksbeton og betonelementer samt entreprenører, mens søsterpublikationen om konstruktivt design henvender sig til arkitekter, bygherrer og projekterende ingeniører. I de to publikationer er der i nogen grad et sammenfald af emner, men det er forskelligt hvor stor vægt, der er lagt på det enkelte emne.

Publikationerne er udarbejdet af en arbejdsgruppe under Dansk Betonforening, bestående af: Tommy Bæk Hansen og Brian Dürr Pedersen, Aalborg Portland, Tommy B. Jacobsen og Marianne Tange Hasholt, Teknologisk Institut, samt Kaj Lund, Skanska.

Ingen af publikationerne er komplette vejledninger, og de vil aldrig kunne erstatte fagmandens ekspertise. Men det er forfatterens forhåbning, at de vil blive brugt flittigt til inspiration.

København den 10. september 2003



Tommy B. Jacobsen
Formand for DBFs arbejdsgruppe
for æstetiske betonoverflader

1. Hvorfor skifter betonoverfladen udseende?

Når beton vælges som synlig overflade, er det ofte for at opnå en stor, ensartet flade. Samtidig har byggherre og arkitekt ofte en forventning om, at betonen ser ud som ny i hele levetiden.

Det adskiller beton fra andre byggematerialer som fx træ og tegl, der bryder bygningsfladen op i mindre stykker, og hvor patinering som regel opfattes som en ekstra charme ved materialerne.

Uensartethed, smuds og begroning betyder i teknisk forstand intet for en betonkonstruktion. Men alligevel kan disse faktorer være alvorlige problemer for det æstetiske udtryk – og dermed vigtige at have styr på ved udførelse af betonkonstruktioner.

Desuden kan en bygning på relativt kort tid komme til at fremstå gammel og slidt på grund af i øvrigt harmløs nedbrydning af betonens overflade.

Uensartethed

Stor ensartethed er normalt et ideal for en betonoverflade. Det kan have flere årsager, når beton afviger fra dette ideal.

En mulig årsag er, at betonens overflade er uensartet fra begyndelsen - eller bliver det kort efter støbning på grund af forhold, der vedrører produktion eller udførelse.

For eksempel kan der optræde kalkudblomstringer i form af kalkforbindelser, der trækker ud af betonen og aflejres som et tyndt, hvidligt slør på overfladen. Sådanne kalkudblomstringer afhænger i høj grad af betonens hærdebetingelser. Derfor vil der kunne optræde kalkudblomstringer i forskellige grader på en bygning, hvor opførelsen har strakt sig over flere måneder (1).

En anden mulighed er, at vind og vejr påvirker fladen ujævnt, så udseendet med tiden bliver uensartet. Det overordnede konstruktive design har stor betydning, når det gælder om at reducere risikoen for, at klimatiske påvirkninger fører til uensartede overflader.

Smuds og begroning

Begroning er en fællesbetegnelse for forskellige typer af biologisk vækst, som kan være bakterier, alger, svampe, laver, mosser eller andre sporeplanter (2).

Forudsætningerne for begroning er stort set de samme, uanset hvilken type af organismer, der er tale om. Derfor er det mindre væsentligt at skelne mellem de forskellige typer.

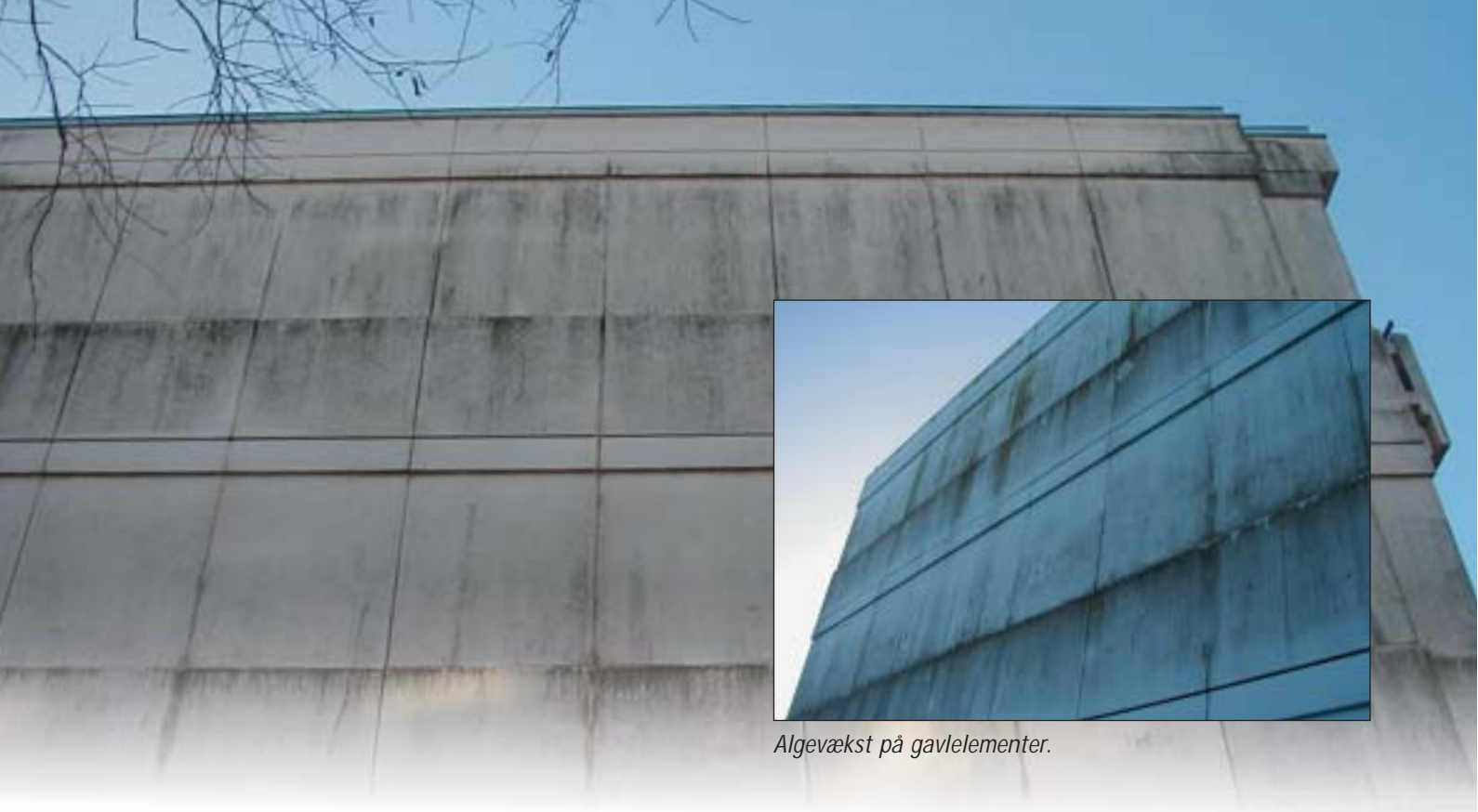
Begroning på betonoverflader optræder kun, når mikroorganismene kan forankre sig på overfladen, og når de får tilstrækkeligt med næring og vand.

Derfor er det i princippet nemt at forebygge begroning ved at sørge for, at mindst en af betingelserne ikke er opfyldt. I praksis er det dog svært. Fx bliver selv den bedste betonoverflade mere ru med tiden, hvilket giver nemmere fodfæste for mikroorganismer. Og selvom de fleste svampe trives bedst ved 96-98 % relativ fugtighed, er mange i stand til at vokse ved helt ned til 70-80 % relativ fugtighed.

Smuds er også en fællesbetegnelse. Den dækker over

Betontag begroet med forskellige arter af lav.





Algevækst på gavlelementer.

alle typer af uønsket stof, både organisk og uorganisk, der sætter sig på betonens overflade. For at undgå smuds skal overfladen være glat og tør, idet smuds så har svært ved at sætte sig fast.

Smuds kan ofte få en overflade til at se endnu mere uensartet ud, end den egentlig er, ved at forstærke en uensartethed, der skyldes andre forhold. Fx vil varierende v/c-forhold føre til varierende overfladeporøsitet og dermed varierende fugtforhold og betingelser for optagelse af smuds i betonens overflade. Så selvom den farveforskel, der direkte kan tilskrives v/c-variationer, er lille, kan forskellen virke skæmmende, fordi der sætter sig mere smuds på nogle områder af betonen end andre.

Konstruktionsdetaljer har også stor betydning for, om der samler sig smuds på dele af overfladen.

Nedbrydning

Skader som fx revner, rustudfældning og frostafskalning skæmmer betonens overflade.

Revner kan bl.a. opstå som følge af temperaturspændinger i betonen i dagene efter støbning. Andre årsager er udtørring af betonen og ekspansive reaktioner, der fører til sprængning af betonen. Det kan fx være alkali/kiseldreaktioner i beton med reaktivt tilslag.

Rustudfældning kan også have flere årsager. Udfældningen kan fx ske, hvis betonen har ringe tæthed, så den hurtigt karbonatiserer, hvis dæklaget er utilstrækkeligt eller hvis chlorider fra havvand eller tøsalt trænger ind og ødelægger armeringens passivering. Ofte vil der være tale om en kombination af årsager.

Fysisk nedbrydning bør ikke være et problem for moderne beton, der overholder gældende normer og standarder, herunder DS 481: *Beton – Materialer* (3) og DS 482: *Udførelse af betonkonstruktioner* (4). Her tager kravene til betonsammensætning og udførelsesmetoder højde for de påvirkninger, som betonen skal modstå i forskellige miljøklasser.

Det er således muligt at forebygge fysisk nedbrydning. Derfor indgår forhold vedrørende utilfredsstillende fysisk holdbarhed kun meget sporadisk i denne publikation.

Men de mange gode råd om at opnå smukkere betonoverflader vil i øvrigt ofte også føre til forbedret fysisk holdbarhed.



Armbrydning, hvor manglende dæklag har ført til armeringskorrosion med deraf følgende udfældninger og revner.

2. Konstruktivt design

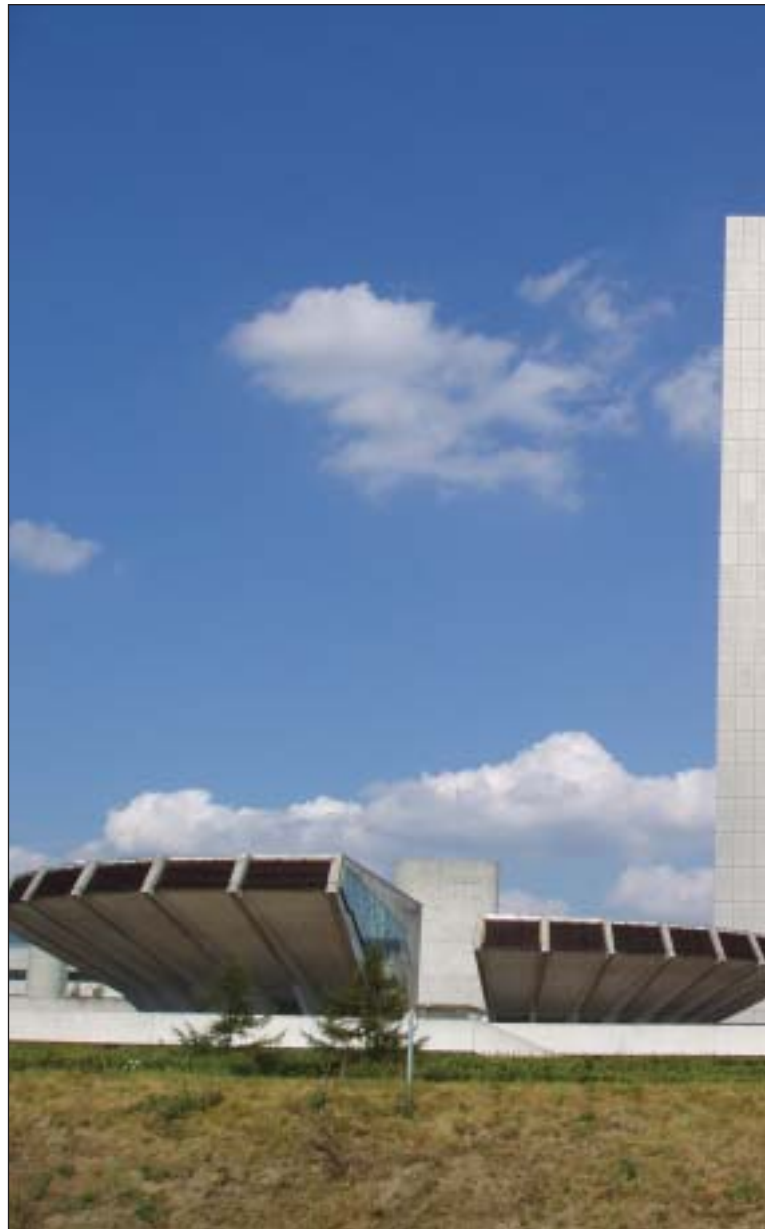
En bygnings konstruktive design omfatter både de store linier og detaljen. Begge dele har betydning for, hvordan bygningen eksponeres og dermed for, hvordan betonoverfladen ændrer sig med tiden.

Bygningens overordnede udformning

Bygningens overordnede udformning er primært dens form, størrelse, orientering i forhold til verdenshjørnerne og tilpasning til omgivelserne lokalt.

Fx er høje bygninger i byer udsat for kraftig påvirkning af sod fra trafikken på bygningens nederste etager, der samtidigt er afskærmet fra vind og meget af nedbøren på grund af de omgivende bygninger. De øverste etager er derimod ofte udsat for kraftig vind- og regnpåvirkning og samtidigt mindre udsatte for partikler i luften. Derfor vil betonens overflader i højden og tæt på terræn efterhånden få forskelligt udseende.

Det er sjældent muligt at opnå en overordnet udformning, der giver en fuldstændig ensartet påvirkning af alle flader. Derfor er det vigtigt at vælge et design, der er robust overfor de forskelle, der måtte forekomme. Fx gælder det om ikke at vælge en alt for lys nuance beton, hvis sodsværtning kan forekomme – eller om at vælge en overflade med fritlagte tilslag, hvor smuds er mindre synligt, hvis bygningen vil blive meget uensartet eksponeret for smuds. Ellers vil bygningen kræve meget vedligehold, hvis udseendet skal forblive ensartet.



For meget høje bygninger udsættes de øverste etager for en anderledes påvirkning af klima og snavs end de nederste etager.



Udformning af bygningsdetaljer

Det er vigtigt, at en overflade eksponeres ensartet, hvis den skal fremstå ensartet i hele sin levetid. Ikke mindst skal vand ledes ensartet over hele fladen. Derfor har udformningen af detaljer som udhæng, vinduespartier, samlinger og indstøbningsdele stor betydning.

Det gælder ikke mindst i forbindelse med flader, der støder op til hinanden, og som kan ses samtidig. Her er forskelle særligt generende for det samlede synsindtryk. Fx vil en flade, der er afskærmet mod de fremherskende vinde af fremspring på bygningen, have helt anderledes fugtforhold end en flade, der ikke er det. Derfor vil algevækst og tilsmudsning forløbe forskelligt på de to flader.

Ved vinduer optræder der nogle gange mørke rande. Det skyldes, at vandet og smuds ledes væk på en u hensigtsmæssig måde, så smudset netop afsættes i rande.

Indstøbningsdele som fx bolte og beslag giver risiko for striber af rust og smuds ned over betonoverfladen, hvis der siver vand forbi dem. Rusten kan forebygges ved at benytte rustfri eller galvaniserede dele, men det løser ikke problemet med smuds.

3. Produktion

Betonens sammensætning

En lang række faktorer har betydning for betonens farve. De vigtigste er nævnt nedenfor.

Det kan være næsten umuligt at undgå, at én eller flere af disse faktorer varierer, så betonoverfladens udseende varierer. Det er derfor en fordel at inddеле store flader i mindre felter, hvor hvert felt kan udstøbes af samme læs beton. På den måde kommer hvert felt til at fremstå ensartet, og evt. små farveforskelle vil fremhæve designet i stedet for at sløre det.

Pulverkombination

Cementtype og brug af puzzolaner som fx flyveaske og mikrosilica har stor betydning for betonens farve.

Pulverkombinationen er sammen med v/c-forholdet vigtige for at opnå en tæt beton. Det er generelt en fordel, at betonen er tæt, fordi det gør betonens overflade mindre modtagelig for smuds. En meget tæt overflade kan dog også have ulemper, selvom den optager mindre smuds, idet smudset kan være mere synligt, når det sidder på overfladen, end når det trænger ind.

Beton kan også få større tæthed i overfladen ved at bruge specialprodukter eller ved efterbehandling med støvbindere eller lignende.

v/c-forhold

Betonens farve afhænger også af betonens v/c-forhold. Variationer på 0,05-0,10 giver synlige variationer i betonens udseende. I nogle tilfældede kan selv mindre variationer være problematiske. Hvor store variationer, der kan tolereres, afhænger af betonsammensætningen. Desuden synes farveforskellene forskelligt afhængigt af, om betonen er våd eller tør.

Pastaindhold

Mængden af pasta i betonen har også betydning for betonens udseende.

Ofte er det ønsket om et bestemt sætmål, der fastlægger betonens pastaindhold. Det er derfor vigtigt, at al beton til samme bygningsdel blandes, så den har samme sætmål. Det er fx u hensigtsmæssigt at vælge ét sætmål til en del af betonen, fordi den skal pumpes, og et andet sætmål til resten af betonen, fordi den skal udlægges med bånd - selv om det

kan være praktisk af hensyn til en rationel arbejdsgang på byggepladsen.

Tilslag

Sandets farve og farvevariation har også betydning for overfladens udseende. Farvevariationer i tilslaget træder tydeligst frem, når betonen er våd.

På lyse betonoverflader kan sømaterialer, der indeholder et lille antal mørke korn, give hele fladen et uensartet indtryk.

Til synlige overflader er det desuden vigtigt at vælge tilslag, der ikke indeholder jernholdige korn, som under uheldige omstændigheder kan give rustudfældninger på overfladen. Det kan derfor være nødvendigt at stille særlige krav til indholdet af jernholdige korn.

Tilslagets kornkurve har i sig selv ingen betydning for farven. Men et varierende indhold af finstof kan ved fremstilling af betonen føre til, at der efterdoseres forskellige mængder vand. Derved opstår variationer i betonens v/c-forhold, der kan give synlige farveforskelle.

Tilsætningsstoffer

Tilsætningsstoffer som fx plastificeringsstoffer og luftindblandingsmidler kan farve betonen. Derfor er der grund til at overveje farven af tilsætningsstoffer. Også acceleratorer og retardere kan misfarve betonen.

Produktionsstyring

For at producere beton med uændret farve fra læs til læs er det nødvendigt at styre alle de faktorer, der har betydning for betonens farve, meget præcist. Dette gælder både ved afvejning af delmaterialer og ved efterfølgende korrektioner for at opnå en bestemt konsistens.

Konsistens

Den friske betons bearbejdelse har ikke direkte betydning for den færdige betons farve. Men som styringsparametre kan sætmålet have meget stor betydning, idet det på de fleste betonfabrikker er normal procedure at afslutte blandingen med at efterdosere vand, til der opnås en bestemt bearbejdelse registreret ved wattmeter-måling.

Det sker på baggrund af en antagelse om, at tilslagets fugtindhold har været et andet end det, som afvejningen af delmaterialer er foretaget på baggrund af. Det vil sige, at

efterdoseringen kun skal bringe balance i vandregnskabet.

I realiteten kan variationer i wattmeter-målingerne imidlertid skyldes en række andre usikkerhedsmomenter, fx variationer i betonens fillerindhold, variationer i blandetid, der påvirker virkningen af plastificeringsstofferne og meget andet. Derfor kan styring efter et bestemt sætmål betyde, at der blandes en varierende mængde vand i betonen fra blanding til blanding. Variationerne vil i de fleste tilfælde være ubetydelig for betonens styrke og de fleste andre egenskaber, men alligevel kan der opstå synlige farveforskelle på grund af forskelle i v/c-forholdet.

Luftindhold

Forskelle i mængden af indblandet luft i betonen er synlige, især når betonoverfladen er våd. Desuden øger den indblandede luft betonens bearbejdelighed, og derfor kan variationer i luftindholdet føre til andre variationer, fx variationer i v/c-forhold, når der i forbindelse med wattmeter-målinger efterdoseres vand.

Tolerancer for dosering og blandetid

Det er vanskeligt at give en vejledning i hvor store tolerancer, der kan tillades på eksempelvis v/c-forhold, uden det får betydning i form af et varierende udseende. Det skyldes, at der mangler viden på området.

Dog står det fast, at det ikke altid er nok at overholde de krav til doseringsnøjagtighed, der er angivet i DS 481, hvor fx v/c-forholdet må variere $\pm 0,03$ og sætmålet ± 30 mm. Disse tolerancer kan ikke sikre et ensartet udseende, idet kravene er fastsat for at sikre betonens tekniske egenskaber og ikke dens udseende.

Desuden skal man være opmærksom på, at selvom en enkelt faktor varierer i en størrelsesorden, der isoleret set ikke giver anledning til synlige forskelle, så kan uheldige kombinationer af variationer af mange faktorer tilsammen føre til synlige forskelle. Det er derfor under alle omstændigheder vigtigt at minimere variationer så meget som muligt.

Gulv støbt med beton henholdsvis med og uden flyveaske. Forskellen i pulverkombination giver anledning til tydelige farveforskelle mellem de enkelte felter.



4. Udførelse

Formmateriale og formopbygning

Formmaterialet har stor betydning for, hvordan den færdige betonoverflade kommer til at fremstå. En stålform fører til en meget glattere overflade end en ru bræddeforskalling. Med tiden vil meget glatte overflader tit fremstå mere tilsmudsede end overflader med en mere ru karakter, selvom mængden af smuds er den samme.

Det er vigtigt, at formen er tæt, så der ikke drænes vand eller pasta fra betonen i områder med utætheder. Sker det, vil det lokalt ændre v/c-forholdet eller pastaindholdet og dermed betonens udseende. Ligeledes er det vigtigt, at formen har tilstrækkelig stivhed til ikke at give efter for vibrationer.

Desuden har formmaterialets ensartethed stor betydning. Variationer i forskallingen kan give lige så store forskelle i farve og tæthed af betonoverfladen som uensartet vibration eller variationer i betonsammensætningen.

Det kan være vanskeligt at afgøre, om det er bedst at bruge et sugende eller et ikke-sugende formmateriale. På den ene side er der større risiko for variationer i et sugende formmateriale – fx vil de øverste brædder i en stabel på byggepladsen ofte være enten mere tørre eller mere våde end brædder længere nede i stakken. På den anden side vil det sugende materiale i nogen grad kunne udjævne andre forskelle, som fx forskelle i betonens v/c-forhold eller en ujævn påføring af formolien.

Særligt for træforskalling

Forskalling af træ skal smøres meget omhyggeligt med formolie, da frisk træ indeholder en del sukkerstoffer, der virker retarderende på hydratiseringen i betonoverfladen. Hvis smøringen er utilstrækkelig, vil man ofte få afforskallet for tidligt, dvs. før de yderste millimeter af betonoverfladen er klar til at stå uden udtøringsbeskyttelse. Desuden kan sukkerstofferne i sig selv virke farvende.

Særligt for stålforskalling

Stålforskalling har tendens til at medføre et større antal luftporer lige under overfladen. Disse porer bliver åbnet ved selv små påvirkninger så som temperaturændringer, slid på overfladen og lignende. Man taler om *negative* luftporer. De er uønskede, fordi de gør det vanskeligt at overfladebehandle betonen med et godt resultat og fordi de samler smuds.

Formolie (type, mængde, påføringsmetode)

Formolie kan være farvende og på den måde påvirke betonens udseende. Man bør derfor nøje overveje type, mængde og påføringsmetode.

Det er vigtigt, at produktet påføres jævnt over hele fladen, så der fx ikke opstår områder, hvor der er overlap mellem to eller flere påføringer. Det fører til et tykkere lag, så overfladen ser anderledes ud end i de tilstødende områder.

Formolie bør være biologisk nedbrydelig, så den forsvinder af sig selv. Man skal være opmærksom på, at nogle typer af olieholdige produkter indeholder organisk materiale, der giver næring til biologisk vækst og dermed fremmer væksten af bl.a. skimmelsvamp. Så ved omhyggeligt valg af bl.a. formolie kan man forhindre, at der utilsigtet tilføres næringsstoffer, der kan udløse begroning.

Udlægningsmetode

En ensartet overflade kræver en udlægningsmetode (pumpe, bånd eller andet), der påvirker betonen så lidt som muligt for at nedsætte risikoen for inhomogeniteter.

Af flere grunde er det vigtigt at vælge samme udlægningsmetode til støbning af flader, der skal fremstå ens. Dels vil det ellers ikke være muligt at støbe med identisk beton, idet udlægningsmetoden er med til at fastsætte krav til bl.a. sætmål, dels vil udlægningsmetoden bl.a. påvirke betonens luftporestruktur.



Uensartet vibrering har givet anledning til en tilsvarende uensartet fordeling af luftblærer i betonens overflade.

Vibrering

Vibreringen af betonoverfladen skal være jævn, hvis overfladen skal være ensartet. Ellers vil man især i fugtigt vejr kunne se, at der er nogle områder, der er vibreret mere end andre.

Afrivning og glitning

Ved bearbejdning af den friske betonoverflade gælder det endnu en gang, at arbejdet skal udføres så ensartet som muligt. De mest almindelige former for bearbejdning er afrivning og glitning, der giver glatte overflader. Andre spændende overfladeeffekter er fx rulning med mønstrede valser og frilægning af tilslag ved spuling af en retarderet overflade.

Eventuel glitning skal overvejes allerede ved planlægning af støbningen, idet glitning af beton med forskellig alder giver synlige farveforskelle. Fx skal et gulv støbes i felter med en passende størrelse, så det er muligt at glitte hele feltet, mens betonen er nogenlunde lige gammel og dermed nogenlunde lige langt i hærdeprocessen.

Udtørningsbeskyttelse

Betonen skal beskyttes mod udtørring ved hjælp af enten afdækning eller påføring af en curingmembran. Det sker primært for at undgå udtørringssvind og deraf følgende revner - samt for at sikre, at der er tilstrækkeligt vand til stede i overfladen til cementens hydratisering. Men udtørningsbeskyttelsen og en efterfølgende beskyttelse af overfladen mod regn, hvis betonen står udendørs, er også vigtig for at forebygge kalkudblomstringer. Kalkudblomstringerne skader ikke betonen, men de kan skæmme betonoverfladens udseende.

Kalkudblomstringer skyldes, at vandopløselig calciumhydroxid fra betonens porer under visse omstændigheder transporteres til betonens overflade. Her reagerer calciumhydroxid med CO_2 og danner tungtopløseligt calciumkarbonat, der så ses som kalkudblomstringer.

Hvis en ny betonoverflade bliver våd gennem længere tid, vil calciumhydroxid i porerne gå i opløsning og blive transporteret ud i vandfilmen på betonens overflade (1). Men udtørring af betonen i en tidlig alder er imidlertid også et problem, idet det efterlader en porøs overflade med ureageret cement. Når betonen senere udsættes for fugt, vil cementen reagere og danne calciumhydroxid i overfladen, hvor der på den måde bliver gode betingelser for kalkudblomstringer (1).



De enkelte etager er støbt med få måneders mellemrum, men fordi vejrliget har været forskelligt, har der også været forskellige hærdebetingelser for betonoverfladen, og det har givet anledning til forskellige grader af kalkudblomstringer.

Varighed af udtørningsbeskyttelse

Forskelle i varigheden af udtørningsbeskyttelsen kan give blivende farve- og porøsitetsforskelle. Derfor bør udtørningsbeskyttelsen for en flade, der skal ses som en helhed, have samme varighed for alle dele af fladen. Dette gælder også ved anvendelse af præfabrikerede elementer. Her vil der ofte være en farveforskel på elementer, der er afformet dagen efter støbning, og elementer, der har fået lov at stå fx weekenden over, før formen er blevet fjernet.

Særligt ved brug af curingmembran

Hvis udtørningsbeskyttelsen etableres ved hjælp af en curingmembran, gælder mange af de samme tommelfingerregler som ved valg af formolie. Nogle produkter er farvende, og derfor skal type, mængde og påføringsmetode overvejes på forhånd. Nogle af produkterne indeholder organisk materiale, der kan fremme væksten af mikroorganismer.

Enkelte elementer er enten pga. variationer i betonsammensætning eller udførelsesproceduren blevet lysere og skiller sig derfor farvemæssigt ud fra helheden.

Behandling af den hærdnede betonoverflade

Der findes en lang række muligheder for at give en hærdnet betonoverflade en særlig karakter ved efterbehandling som fx slibning, polering, afsyring og sandblæsning.

Det er også muligt at påføre overfladen forskellige midler, der fx kan gøre det nemmere at fjerne graffiti. En særlig gruppe af midler er de såkaldte *hydrofoberingsmidler*, der gør, at overfladen optager mindre fugt. På den måde kan overfladen afvaskes med en mindre mængde vand. Midlerne reducerer også i nogen grad risikoen for begroning og kalkudfældninger.

Man bør dog være opmærksom på, at de forskellige produkter kan ændre overfladens udseende, fx dens glans og farvemætning. Det er derfor nødvendigt at behandle hele fladen. Ved brug af midler mod graffiti er det således nødvendigt at behandle hele facaden – og ikke kun den del, der kan nås med en spraydåse fra gadeplan.

Det er en god idé at teste det middel, der tænkes anvendt, på et mindre synligt sted på bygningen, inden den påtænkte behandling af hele bygningen sættes i værk.





Det er vigtigt, at elementerne håndteres forsigtigt under montagen, for at undgå skader og tilsmudsning.

Elementmontage

Håndteringen af betonelementer inden og under montage skal planlægges, så der ikke opstår misfarvninger og skader undervejs. Misfarvning opstår især på tre måder:

- sprøjt fra snavset vand eller olie fra maskiner under transport eller på byggepladsen giver misfarvninger.
- understøtning med træ kan være uheldig for elementer med lyse farver, idet beton i kontakt med træet ofte misfarves.
- handsker, løfteseler og andet udstyr, der anvendes ved montagen, skal være rene, så de ikke afsætter oliester og andet smuds på elementerne.

Mange skader på betonelementer opstår under transport. Det er efterfølgende vanskeligt at reparere skaderne, så det ikke kan ses. Disse skader bør derfor undgås, så bygværket ikke skal repareres, før det er færdigt.

Hvis elementerne ikke er helt ens, kan det være en fordel at foretage en sortering efter farve, så naboelementer er så ens som muligt. Man skal dog være opmærksom på, at elementerne skifter udseende med alderen. Hvis elementerne er støbt på forskellige tidspunkter, kan det ske, at to naboelementer ikke udvikler sig i samme takt, så de med tiden bliver mere forskellige.

Derfor bør farvesortering kun ske for elementer, der har stået på pladsen mindst en måned og har akklimatiseret sig. Det kan eventuelt aftales med elementfabrikken, at et helt parti elementer skal lagres samlet, så elementerne ved levering er ens akklimatiserede.

5. Vedligehold

Vedligeholdelsesplan

Den vedligeholdelsesplan, entreprenøren afleverer sammen med bygværket, skal være afpasset efter:

- bygningens udformning, både de store linier og i detaljen
- bygningens placering, der har betydning for den miljømæssige belastning
- en vurdering af acceptabel tilsmudsnings- og skadesgrad før vedligehold og reparation iværksættes

Behovet for vedligeholdelse afhænger således af en række valg, der er foretaget tidligt i byggeprojektet, herunder det konstruktive design og overfladetekstur.

Vedligeholdelsesplanen bør indeholde en logbog over produktion og udførelse. Dokumentation af betonens sammensætning med videre giver bedre forudsætninger for at vælge de bedst egnede behandlingsforslag på et senere tidspunkt.

Afrensning

Afrensningsmetoderne skal altid afpasses efter det aktuelle behov.

Vand og luft

Afrensning med hedvand eller højtryk er mere skånsom end fx sandblæsning. Højtryksrensningen kan dog også medføre skader, selvom de ikke altid umiddelbart er synlige. Det skyldes, at højtryksrensningen kan gøre overfladen mere porøs og dermed mere modtagelig for smuds og mere egnet som grobund for biologisk vækst. En mild afvaskning med lavtryk (vandslange) og børste er at foretrække, hvis en ændring af overfladen helt skal kunne undgås.

Blæsemidler

Mekanisk afrensning med brug af blæsemidler kaldes ofte også for sandblæsning. Det er en lidt misvisende betegnelse, da der findes mange andre blæsemidler end sand. Blæsemidlet skal vælges, så dets egenskaber er tilpasset opgaven.

Afrensning med blæsemidler kan medføre fritlægning af betonens tilslag og derved ændre betonens udseende væsentligt.

Kemiske midler

Kemiske midler til algefjerning og lignende bør anvendes efter leverandørens anvisning. Det er en god idé at afprøve midlerne på et sted, der ikke er synligt, så der opnås sik-



Her ses den samme overflade før og efter højtryksrensning. Det er vigtigt, at hele fladen renses jævnt, for så vil fladen stadigvæk fremstå ensartet, selvom højtryksrensningen ændrer selve overfladens karakter en anelse.



Ved afrensning af graffiti er det ofte nødvendigt at tage meget skrappe midler i brug som her, hvor betonen afrenses med hedt vand og højtryksspuling.

kerhed for, at midlet ikke fører til misfarvning eller har andre uheldige virkninger.

Ved afrensning med kemiske midler, især sulfoprodukter, er det vigtigt først at mætte betonoverfladen med vand. Ellers kan smudset på overfladen først opløses og derefter blive suget ind i betonen, hvor det er endnu sværere at fjerne. Alternativt kan man anvende visse gel- eller skumprodukter, der sikrer mod indtrængning i overfladen.

Reparation

Ved reparation er det vanskeligt at ramme samme farve som den oprindelige beton, selv ved brug af de samme materialer:

- En reparation, der på lang afstand ser ud til at falde i ét med den oprindelige beton, kan på kort afstand være meget synlig. Det modsatte kan også gøre sig gældende, og det er ikke altid muligt at udføre en reparation, så den er usynlig uanset afstanden eller vinklen til bygningen. I sådanne tilfælde må man vælge, hvad der er vigtigst
- Reparationsmaterialet er nyere end den oprindelige beton, og derfor har de to materialer forskellig tidsmæssig udvikling. Derfor kan en reparation være tilfredsstillende, lige efter den er gennemført, men med tiden blive mere synlig – eller omvendt.

Dertil kommer, at alle de faktorer, der er nævnt i kapitel 3 og 4 også har betydning. Hvis betonsammensætningen, blandingsmetoden eller andet er ændret lidt i forhold til det oprindelige materiale, vil det give sig udslag i synlige forskelle.

Derfor er det bedste råd faktisk at forebygge reparationer ved at bygge holdbart, undgå skader under fx transport og udføre tilstrækkeligt løbende vedligehold til at forebygge nye skader.

Forebyggelse af nye indgreb

Vedligehold i form af afrensning eller reparationer kan evt. afsluttes med en forebyggende behandling af betonoverfladen med et hydrofoberingsmiddel, der gør overfladen vandafvisende, eller et middel, der gør det nemmere at fjerne graffiti. Valg af middel bør baseres på den forventede belastning af betonen og hvor lang tid, der er til næste vedligehold. Forskellige produkters UV-resistens er meget varierende, så holdbarhedsperioden kan variere fra 5 år til 20 år. Der er ingen generelle retningslinier, så her må man rådføre sig med leverandøren.

En del af de midler, der kan benyttes til at forhindre eller forsinke tilsmudsning af betonen, kan ændre udseendet af betonoverfladen, særligt mht. glans og farvemætning. En prøvepåføring på et diskret sted kan forebygge mange ærgrelser.

De nævnte metoder, hydrofoberingsmidler og anti-graffitimidler, kan også benyttes på helt nye betonoverflader for at nedsætte behovet for vedligehold.

6. Referencer

1. Paul Samuelsson: Kalkudblomstringer på betonoverflader, Beton-Teknik 3/07/1977, CtO (1977).
2. Charlotte Frambøl, Helge Hansen, Jens Østergaard, Anne Pia Koch, Tommy Jacobsen, Line Balschmidt og Ulrik Søchting: Renere teknologi til undgåelse af biologisk vækst på murværk, tegl- og betontage – Hovedrapport, Miljøprojekt nr. 784, Miljøstyrelsen (2003).
3. DS 481: Beton – Materialer, 1. udgave, Dansk Standard (1999).
4. DS 482: Udførelse af betonkonstruktioner, 1. udgave, Dansk Standard (1999).