

20.2 Overfladebeskyttelse

Af Jens Mejer Frederiksen



Figur 1. Ved overfladebeskyttelse af betonoverflader kan man forsinke, men næppe helt standse en uønsket udvikling. Billederne viser den samme søjle før behandlingen (tv.) og 16 år efter, at behandlingen blev udført (th.). Betonen er fremstillet omkring år 1986 med lige over 2 % porøs, alkalireaktiv flint i sandfraktionen, og formålet med malebehandlingen var at bremse den forudsete, 'sekundære' nedbrydning af betonen i form af yderligere revnedannelse og yderligere forvitring af betonen. Selv om betonen allerede på tidspunktet for overfladebehandlingen havde mistet en betydelig del af sin trykstyrke, blev det vurderet som værende forsvarligt at "bremse" betonens nedbrydning ved at styre fugtudvekslingen med omgivelserne med en revneoverbyggende behandling med acrylplasttykfilmmaling. Efter 16 år ses tegn på at nedbrydningen ikke er standset, men at udviklingen har været bremset.

Malebehandling af betonoverflader kan udføres for at beskytte beton imod yderligere nedbrydning eller for at bremse nedbrydningen. Oftest er der tale om beskyttelse imod yderligere karbonatisering af betonen, men der kan også beskyttes imod andre former for påvirkninger, fx opfugtning, chloridindtrængning, syreangreb, slitage, erosion, følger af alkalikiselreaktioner mv.

Undertiden anvendes overfladebehandling dog for at give en repareret (eventuelt ny-opført) konstruktion et æstetisk acceptabelt og holdbart udseende. Udført korrekt kan en malebehandling af betonoverflader holde i mere end 25 år (erfaringsbaseret). Bliver holdbarheden af behandlingen kortere, skyldes det ofte, at der er mangler eller svigt

ved arbejdets udførelse – især er rensning af underlaget kritisk for opnåelse af en lang holdbarhed, men naturligvis kan underlagets fortsatte skadesudvikling spille ind, således som der fremgår af billederne i figur 1.

20.2.1 Formål med overfladebeskyttelse

Valg af typen af overfladebeskyttelse afhænger af overfladens normale funktion. På bygninger og anlægskonstruktioner skelnes imellem ikke-trafikerede flader og trafikerede flader, idet der for sidstnævnte gælder særlige forhold.

På ikke-trafikerede er formålet typisk:

1. At begrænse eller modvirke en stoftransport til gavn for betonen/konstruktionen. Typisk at begrænse transport eller udveksling af fugt, CO₂, chlorid og syre – også gennem revner – samt at sikre vandtæthed
2. At forbedre og bevare den visuelle fremtoning, fx ved at skjule spor efter reparationer. Ved at påføre en revne- og poredækkende malebehandling kommer konstruktionen til at fremstå ensartet istandsat og ikke iøjnefaldende repareret. Den får et mere ensartet udtryk. Behandlingen kan fremhæve tekstur, skjule skjolder, reducere smudssamling, lette renholdelse og/eller forbedre lysrefleksion.

På trafikerede er formålet typisk desuden:

3. At tilføre overfladen slidstyrke og/eller skridsikring. Forbedring af slidstyrke gælder specielt for beton med for ringe initialkvalitet, mens forbedring af skridsikring ofte er en nødvendig tillægsegenskab på grund af belægningens overflade – altså ikke en 'overfladebeskyttelse', men en 'overfladeforbedring'.
4. At regulere/hjælpe færdsel med kulører. Farveforskelle kan markere parkeringspladser, ganglinjer, farezoner, opmærksomhedsfelter osv.

Det er væsentligt her at anføre, at der i ovenstående indgår arbejde, der udføres af forskellige faggrupper, der har forskellige opfattelser af deres egne roller. En maler anser typisk sit arbejde som at udføre et 'farveskift' eller en 'opfriskning', mens en belægningsspecialist er vant til store krav til sit arbejde. Desuden er ansvaret for finisharbejde på konstruktioners overflader ofte placeret hos arkitekten, der ofte lægger mest vægt på overfladens glans, kulør, 'stoflighed' mv.

Uanset om formålet er betonbeskyttelse eller blot en arkitektonisk farvelægning, så har teknikeren følgende opgaver:

- At beskyttelsen tilfører betonen en ny og holdbar overflade med de rette egenskaber.
- At forudsætningerne for, at vedhæftningen bliver holdbar og der opnås en porefri behandling er til stede.
- At sikre den rette lagtykkelse, der er nært knyttet til holdbarheden og de fleste øvrige af en overfladebeskyttelses egenskaber.

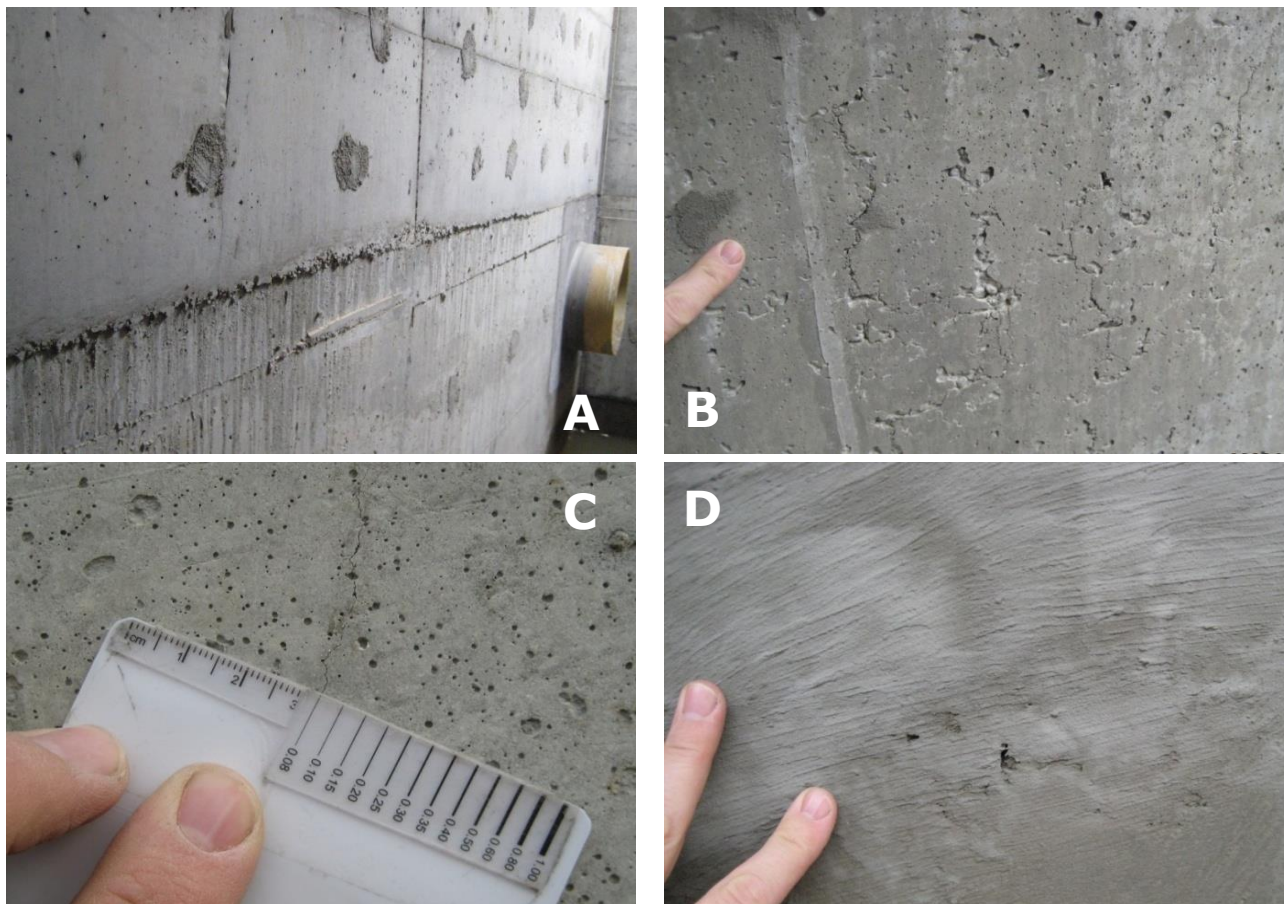
- At sikre passende kvalitetskontrol og -dokumentation.

20.2.2 Karakterisering af underlag

Underlaget er ofte afgørende for hvilken type behandling man kan udføre. Derfor er underlaget med til at afgøre både mulighederne og prisen for en beskyttende behandling. Troværdigt kendskab til underlaget er helt essentiel information i en betonbeskyttelsesopgave. Betonkonstruktioner kan typisk have overflader med følgende karakteristika:

- Formskabt (glat, træstruktur, andet)
- Behandlet overflade (afreven, grov- eller finpudset, glittet eller kostet)
- Frilagt overflade (opnået ved brug af retarder, afsyring eller sandblæsning)
- Beklædt overflade (fx teglskaller, klinker)
- Tidligere malebehandlet (type af maling).

Nogle af disse typer underlag er illustreret på figur 2 og figur 3.



Figur 2. Billederne viser fire eksempler på udseendet af betonoverflader støbt mod "glat form" på det samme bygværk. A: Kanter ved formpladesamlinger, fyldte udsparinger efter clamps-jern. B: Porer som følge af komprimeringsmangler. C: Lokalt stor forekomst af luftbobler i overfladen. D: Lokale reparationer af støbefejl.

En ikke udtømmende liste over forhold man skal skaffe sig kendskab til ved planlægning af overfladebeskyttelse af betonoverflader, er givet i tabel 1.

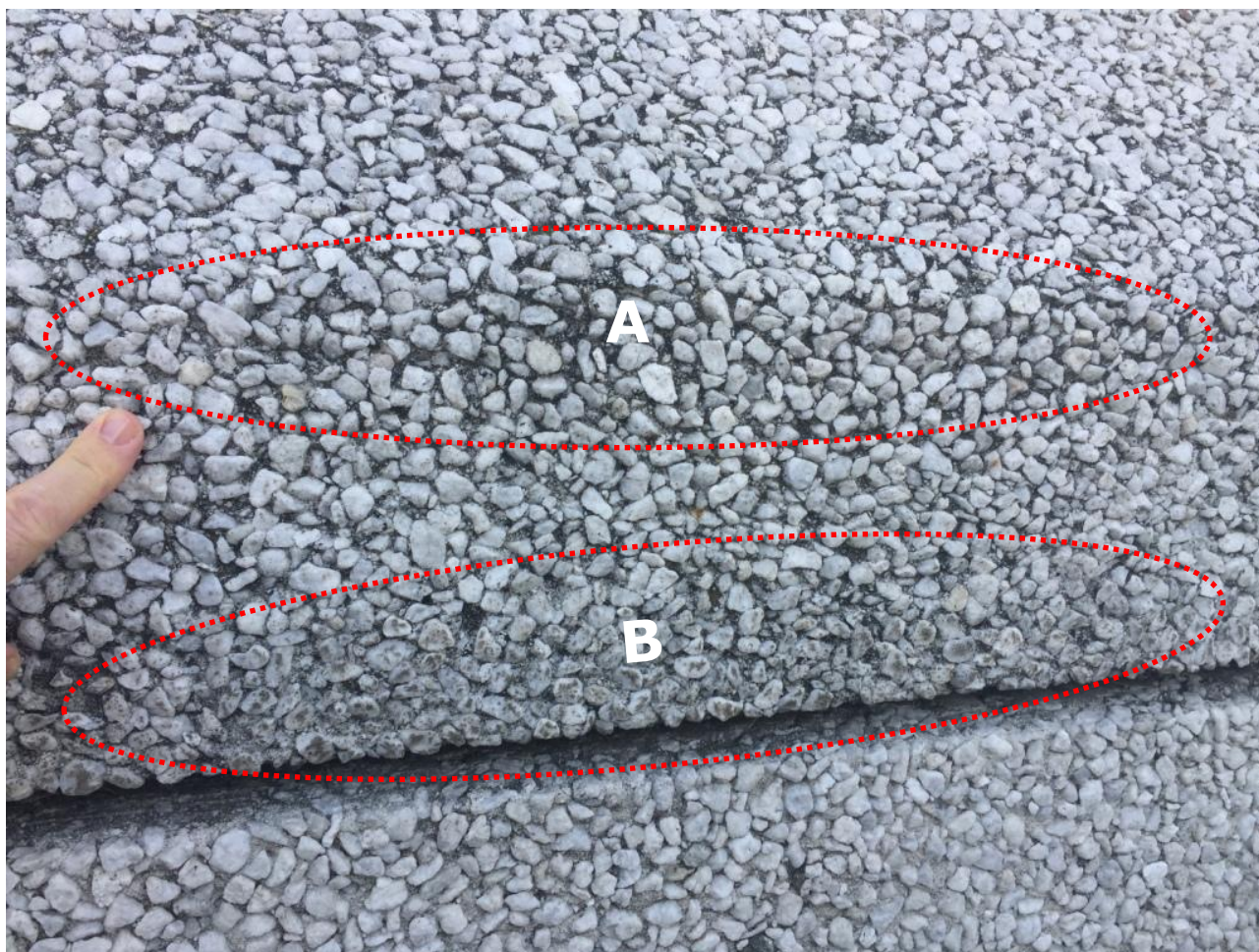
Tabel 1. Oversigt over relevante karakteristik, der kan indsamles om en overflade ved planlægning af en overfladebehandling, samt spørgsmål man bør stille. Listerne er ikke udtømmende.

Nødvendige informationer	Spørgsmål at stille:
• Overfladefasthed/-styrke • Konstruktiv udformning (facader, søjler, bjælker, støttemure osv.) • Betonslamlag - afsmitningstendens – tykkelse • Armeringsdæklag • Porer - størrelse/ tæthed/ ansamlinger – bese overfladen og optag billeder • Betonkvalitet(er) • Springere/porøs flint i overfladen • Fugtindhold/-profil • Tilsmudsning fra omgivelser • Alkalikiselsreaktion • Tidligere overfladebeskyttelse • Chloridprofil • Algebegrøning • Karbonatiseringsdybde • Graffiti • Rustskader • Revner • Reparationer	• Er den konstruktive udformning OK? • Ønskes overfladebehandling af betonen? • Er der alternativer til overfladebehandling? • Hvad er der galt med betonen? • Er betonen bevaringsværdig? • Kan den ønskede effekt opnås? • Kan det betale sig? • Hvornår er det optimalt? • Hvad koster drift og vedligehold? • Kan overfladebehandlingen give andre problemer? • Er der bevaringshensyn?

20.2.3 Principper for overfladebeskyttelse

Som det allerede er fremgået, kan der være forskellige årsager til, at beton overfladebeskyttes eller overfladebehandles. Standarden EN 1504-9 behandler alene de principper, der gælder for overfladebeskyttelse. Men som det også allerede er fremgået, kan der til en æstetisk betinget overfladebehandling, der fx udføres for at skjule, at en ellers ny konstruktion er blevet repareret, være de samme krav til malebehandlingsens holdbarhed som, hvis der var tale om en beskyttelsesopgave. Derfor behøver der ikke at være nogen afgørende forskelle på en malebehandling til en æstetisk betinget behandling og en til den behandling, der kræves for at opnå en virksom beskyttelse.

Det fremgår af tabel 2, at der forekommer fem forskellige principper, hvor overfladebeskyttelse indgår, og at der reelt er tale om fire forskellige metoder. Det er vigtigt at gøre sig klart, dels i hvilken fase af konstruktionens levetid principperne anvendes, og dels hvad disse "metodebeskrivelser" betyder.



Figur 3. En ca. 40 år gammel hvid betonfacade med frilagte marmorsten. Bemærk, at der ses forskellige forekomster af tilsmudsning/patinerings: A: Stenene er rene, men mørtelen imellem er begroet. B: Stenene har en belægning på overfladen. Hvis betonens initialkvalitet, tilstand/-tegn på omdannelse og dæklaget på armeringen vurderes at være således, at facadens restlevetid er lang, kan en evt. behandling alene bestå af en rensning, der effektivt fjerner de to typer af tilsmudsning og bedst muligt forhindrer ny tilsmudsning. Det kræver en prøvebehandling på stedet at finde den rette metode.

I tabel 2 er i kolonnen "Principbeskrivelse" tilføjet i parentes, hvilken levetidsfase principperne tilhører. Der kan i praksis være afvigelser, men som hovedregel afslører principbeskrivelsen direkte om behandlingen er *proaktiv og forebyggende* eller *reaktiv og afhjælpende*.

Principperne fører derved frem til, at man skal skønne/vurdere/beregne, hvor effektivt og holdbart et værn, der i hvert tilfælde er behov for. Sådanne overvejelser kan imidlertid blive ganske omfattende, men ofte nødvendige for at finde frem til den rette behandling. Man må i den forbindelse ty til erfaringstal, der for at være passende simple og operationelle må formuleres konservativt.

Det skal allerede her bemærkes, at en overfladebeskyttelse, der udføres efter, at der er opstået de første dæklagsskader på de yderste/hårdest eksponerede armeringsjern,

faktisk fungerer på de øvrige dybereliggende/mildere eksponerede armeringsjern på samme konstruktion/flade, som om den blev udført i initieringsfasen.

Derfor giver det ofte god mening, at man efter lokale reparationer af lokale skader udfører en overfladebeskyttelse af hele konstruktionen/fladen, idet man derved kan opnå en markant udskydelse af tiden, før de næste skader opstår.

Tabel 2. Oversigt over de fem beskyttelsesprincipper, der fremgår af EN 1504-9 og hvor overfladebeskyttelse med produkter, der skal CE-mærkes iht. EN 1504-2 udgør en egnet metode. Bemærk, at nogle af metodebeskrivelserne er de samme, selvom metoderne har forskellige numre.

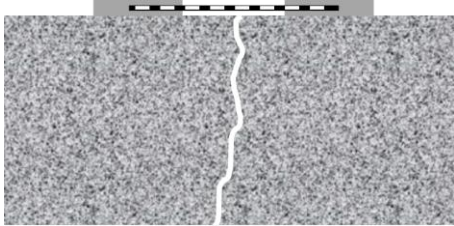
Princip nr.	Principbeskrivelse	Metode nr.	Metodebeskrivelse
P1	Beskyttelse mod indtrængning (initieringsfase)	M1.1	Hydrofob imprægnering
		M1.2	Imprægnering (Forsegling)
		M1.3	Overfladebehandling med maling/membran
		M1.4*	Dækning af revner i overfladen
P2	Fugtstyring (propageringsfase)	M2.1	Hydrofob imprægnering
		M2.2	Imprægnering (Forsegling)
		M2.3	Overfladebehandling med maling/membran
P5	Forbedring af fysisk modstandsevne (propageringsfase)	M5.1	Overfladebehandling med maling/membran
		M5.2	Imprægnering (Forsegling)
P6	Modstandsevne overfor kemikalier (initieringsfase)	M6.1	Overfladebehandling med maling/membran
		M6.2	Hydrofob imprægnering
P8	Forøge betonens resistivitet (propageringsfase)	M8.1	Hydrofob imprægnering
		M8.2	Imprægnering (Forsegling)
		M8.3	Overfladebehandling med maling/membran

* - Metoden kan udføres med materialer, der er CE-mærket efter EN 1504-2, men skal evt. suppleres med andre materialer (fx vævsarmering) og på en måde (fx øget tykkelse), der ikke er omfattet af CE-mærkningen, hvilket kan være hensigtsmæssigt under de rette omstændigheder.

I tabel 2 er i kolonnen "Metodebeskrivelse" anført, hvilken form for overfladebeskyttelse, der tænkes på.

- *Hydrofob imprægnering* er en behandling med et produkt, der bevirker, at overfladen bliver hydrofob, men i øvrigt ikke får et synligt nyt udseende. Der er typisk tale om påføring af silan eller silikone i en opløsning for at danne en vandskyende silikone inde i betonens poresystem i det yderste overfladelag.



- *Imprægnering (forsegling)* er en behandling med et produkt, der forsegler/lakerer overfladen, men som ikke nødvendigvis danner en sammenhængende film. Produktet kan i nogen grad imprægnere overflade ved trænge lidt ind i materialets fineste, overfladiske porer. Der er typisk tale om en form for vandglas eller en tynd lak, der kan være opløst i vand eller et organisk opløsningsmiddel. 
- *Overfladebehandling med maling/membran* er en behandling hvor overfladen dækkes af et eller flere lag af materialer, der kan have forskellige karakteristika, fx være stive, men fyldende, være filmdannende, fleksible og give kulør eller andet. Der er altså tale om en form for egentlig malebehandling, en behandling med en mørtel eller en kunststofbelægning, dvs. alt fra en tynd (men dækkende og porefri) malebehandling til en tyk og evt. skridsikker membranbelægning. 
- *Dækning af revner i overfladen* er en behandling, der særligt fokuserer på at dække over revner. Hvis dette sker vha. en maling eller membran falder metoden ind under EN 1504-2, men hvis det sker vha. en folie eller tape, gør den det ikke. 

Disse forskellige metoder har forskellig virkemåde, effekt, holdbarhed og udseende og udføres med forskellige materialetyper.

Overfladebeskyttelse bør altid planlægges på grundlag af en funktionskravsanalyse. Herved får man så vidt muligt stillet alle de relevante spørgsmål, man får identificeret den rette produkttype/behandling, og man får et objektivi grundlag til at håndtere modstridende krav på.

Det kan fx synes umuligt at opfylde følgende eksempler på modstridende krav samtidig:

Skridsikkerhed	kontra	rengøringsvenlighed
Vanddampdiffusionsåbenhed	kontra	tæthed overfor slagregn
Stor beskyttelseseffekt	kontra	usynlig behandling

Der findes mange flere eksempler på modstridende krav, men funktionskravsanalysen synliggør disse og lægger op til, at bygherren prioriterer sine krav, ønsker og forestillinger.

Overflader der er blevet påført en (beskyttende) behandling, skal efterses og evt. genbehandles for at opretholde beskyttelsen/udseendet. De styrende parametre for overfladebehandlinger (jf. beskrivelsen ovenfor) er lagtykkelsens holdbarhed og vedhæftningens holdbarhed. Men for behandlinger, der ikke er filmdannende eller er usynlige (se beskrivelserne ovenfor) kræves andre og mere avancerede metoder.

De produkter, som oftest foretrækkes til *overfladebehandling* (jf. [At's vejledning i produktvalg](#) – se mere om produktvalg senere), er baseret på særdeles ældningsbestandige materialer, hvorfor lagtykkelsens holdbarhed vil være god, når der ses bort fra mekanisk slid og fysiske skader. Vedhæftningens holdbarhed vil ligeledes være god, hvis anvisningerne for klargøring af underlaget følges, jf. afsnittet om rensning nedenfor.



Figur 4. Eksempel på en glat betonoverflade med et utilfredsstillende udseende. Der ses tydelige spor af formpladesamlings samt en uensartet og stedvis stor forekomst af porehuller. Den arkitektoniske tanke var, at overfladerne skulle fremstå som ensartet glat beton. Overfladebehandling er på grund af overfladens karakter derfor ikke en mulig/oplagt løsning. Problemstillingen skulle man derfor have forsøgt at forudse allerede på planlægningsstadiet, så man fik etableret en vis sikker formodning om, at det ønskede resultat kunne opnås ved produktionen af betonen.

Man bør ved planlægning af en beskyttelsesopgave overveje vigtigheden af, at malings virkningsgrad kan følges på en enkel måde (fx ved målinger af vedhæftning og lagtykkelse) eller om det er af mindre betydning – dvs. endnu et funktionskrav kan fremkomme herved. Derfor skal man beslutte om man tør tro på, at virkningen fortsat er til stede eller vælge at genbehandle. Det kan kræve ret besværlige undersøgelser at eftervise, at tilstrækkelig virkning fortsat er til stede.

20.2.4 Rensemeter

Overfladebeskyttelse/-behandling skal indledes med rensning – ellers svigter holdbarheden med stor sandsynlighed. Rensning af betonoverflader (såvel nye som gamle) er vigtig, fordi det yderste lag af betonen har meget varierende styrke. Desuden dækker det yderste lag (cementpasta/betonslamlag) helt eller delvist over luftblærer, der kan give problemer med at etablere et perfekt porefrit malinglag. Erfaringen viser, at 80 % af alle de skader, der opstår på malede flader (beton, træ, stål, murværk) skyldes manglende eller mangelfuld forudgående rensning.

Valg af rensemetode skal ske under hensyntagen til bl.a. følgende:

- Overfladens beskaffenhed (tilstandsrapport)
- Adgangsforhold
- Eventuelle brugeres nærvær.



Figur 5. Tunnelelementer støbt i glatte stålforme og opstillet som en ca. 700 m lang støjskærm langs en motorvej, dvs. lige ved siden af nødsporet. Støjskærmen skulle kunstnerisk udsmykkes med en malebehandling, hvorfor bygherren havde en stor interesse i et opnå et holdbart

udseende. Arbejdet blev udført i 1995 og støjskærmen var endnu i 2020 ikke blevet genbehandlet. På billedet ses den anvendte rensemetode i brug. Der blev anvendt en blanding af vand, sand og luft med lufttrykket som fremføringsmedie. Vand og sand blev båret til stedet, og der blev brugt i alt ca. 2 m³ vand og 1 ton sand til arbejdet, der foregik, imens motorvejen var i drift.

Rensarbejdet skal planlægges, og et vigtigt spørgsmål i den forbindelse er, om der skal renses før eller efter at betonreparationer er udført. En fordel ved at rens først er, at skader, der er skjult af overfladelaget kommer til syne. En ulempe ved at rens først er, at reparationernes overflader måske skal renses efterfølgende. Normalt vil det være mest hensigtsmæssigt at rens først.



Figur 6. Rensemetoden bør vælges, så effekten af rensningen er let at følge for operatøren af rensedystret. Der anvendes ofte for lavt tryk og/eller for stor afstand til overfladen. Billedet viser et eksempel på en ca. 30 år gammel hvid betonoverflade, der bliver afrenset for tilsmudsning og alger ved højtryksspuling med rent vand. I én behandlingsgang fjernes hovedparten af misfarvningen. Den hvide overflade forblev ubehandlet efter rensningen.

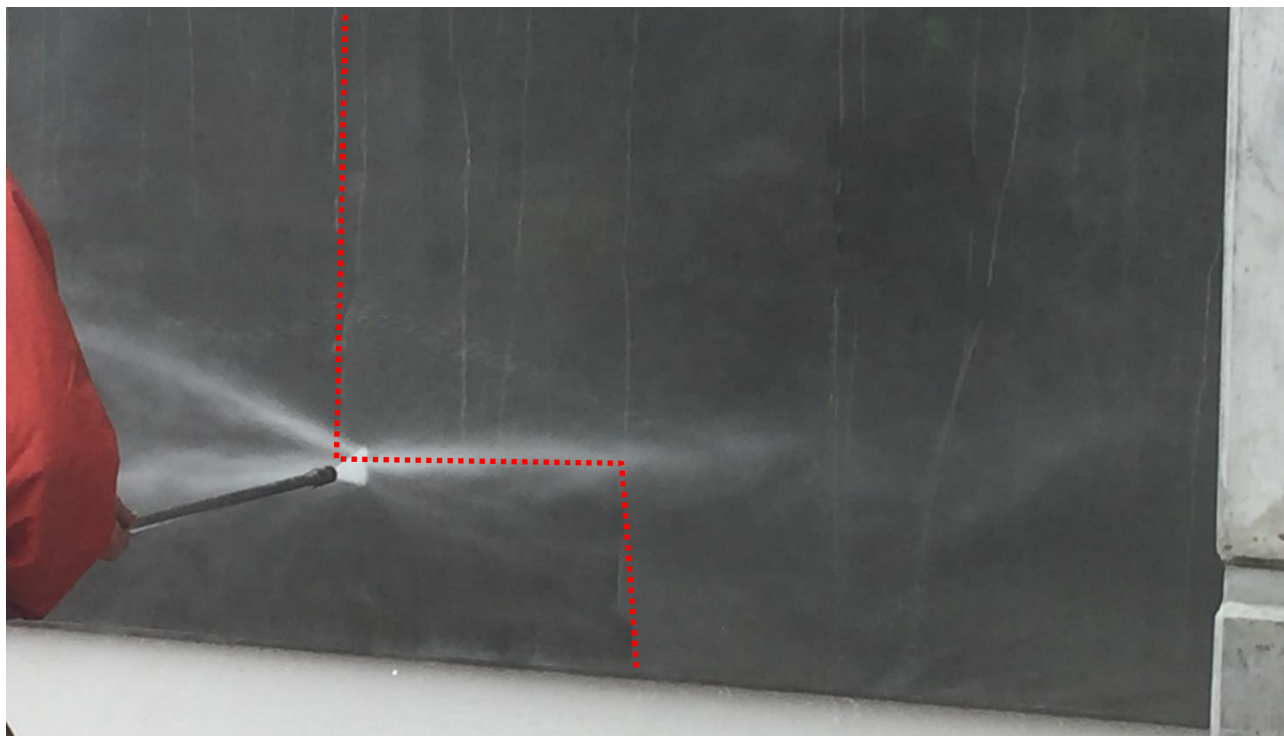
Ved planlægning af rensarbejdet skal man have adgang til en tilstandsbeskrivelse for overfladen, se tabel 3.

Tabel 3. Tabellen viser en oversigt over vigtige oplysninger at indsamle om overflader før rensning/overfladebehandling.

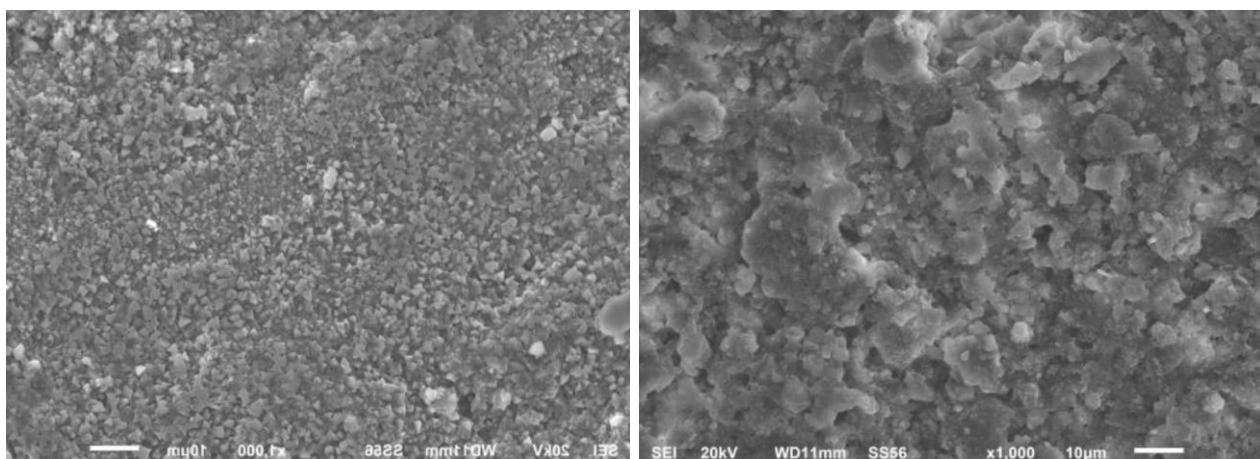
• Afsmitningstendens • Sammenhængsstyrke • Erosion • Tilsmudsning • Fedt på overfladen	• Tidligere malebehandling • Ruhed • Huller • Stenreder • Bløde partier
--	---

Der findes mange forskellige måder at rense betonoverflader på. Nedenfor er en liste over hyppigt anvendte metoder.

1. Højtrykspuling med rent vand (vandtryk på 500-800 bar afhængig af betonstyrke for at fjerne betonslamlag), se figur 7 og figur 8.
2. Blæsning med en blanding af vand, sand og luft, hvor et lufttryk på 5-12 bar fremfører blæsemidlet (vand og sand) – se figur 5.
3. Støvsugning (fjernelse af rester af blæsemiddel eller ”byggepladsstøv”).
4. Vandsivning (opløsning af smuds bestående af gips med sodpartikler).
5. Slyngrensning med stålkugler (støv og blæsemiddel suges tilbage, stålkuglerne genanvendes), velegnet til tørre, jævne gulve og belægninger.
6. Slibning (egnet til små flader, eller flader, hvor andre metoder ikke egner sig – eller i stort omfang til gulve (diamantslibning)).
7. Jetspuling (1000-2500 bar) med rent vand i lukket system med tilbagesug af slam (vand og afrenset materiale), velegnet også til ujævne underlag.
8. Kemisk afrensning med malingsfjerner til fjernelse af tidligere påført maling, evt. før afrensning med en af ovenstående metoder.



Figur 7. Billedet er optaget ved en prøverensning af nye, glatte betonelementer ved højtrykspuling ved ca. 750 bar. Bemærk den lille afstand mellem dysen og overfladen – 10-15 cm. Der anvendes en vifteformet stråle. Overfladen er rensset tv. og nedenfor den røde stiplede knæklinje. Overfladen før og efter rensning er vist i figur 8. Formålet med rensningen var at klargøre elementerne til en rent æstetisk betinget malebehandling.



Figur 8. Billederne viser en helt glat betonoverflade før og efter rensning og er optaget i scanning elektron mikroskop ved ca. 1000 ganges forstørrelse. Det ses tydeligt, at rensningen gør overfladen mere ru, hvorved den efterfølgende behandling får et bedre 'mekanisk greb' til overfladen. Den hér viste forskel i ruhed er følbar med en finger, der flyttes langsomt over overfladen.

20.2.5 Udjævningsmetoder

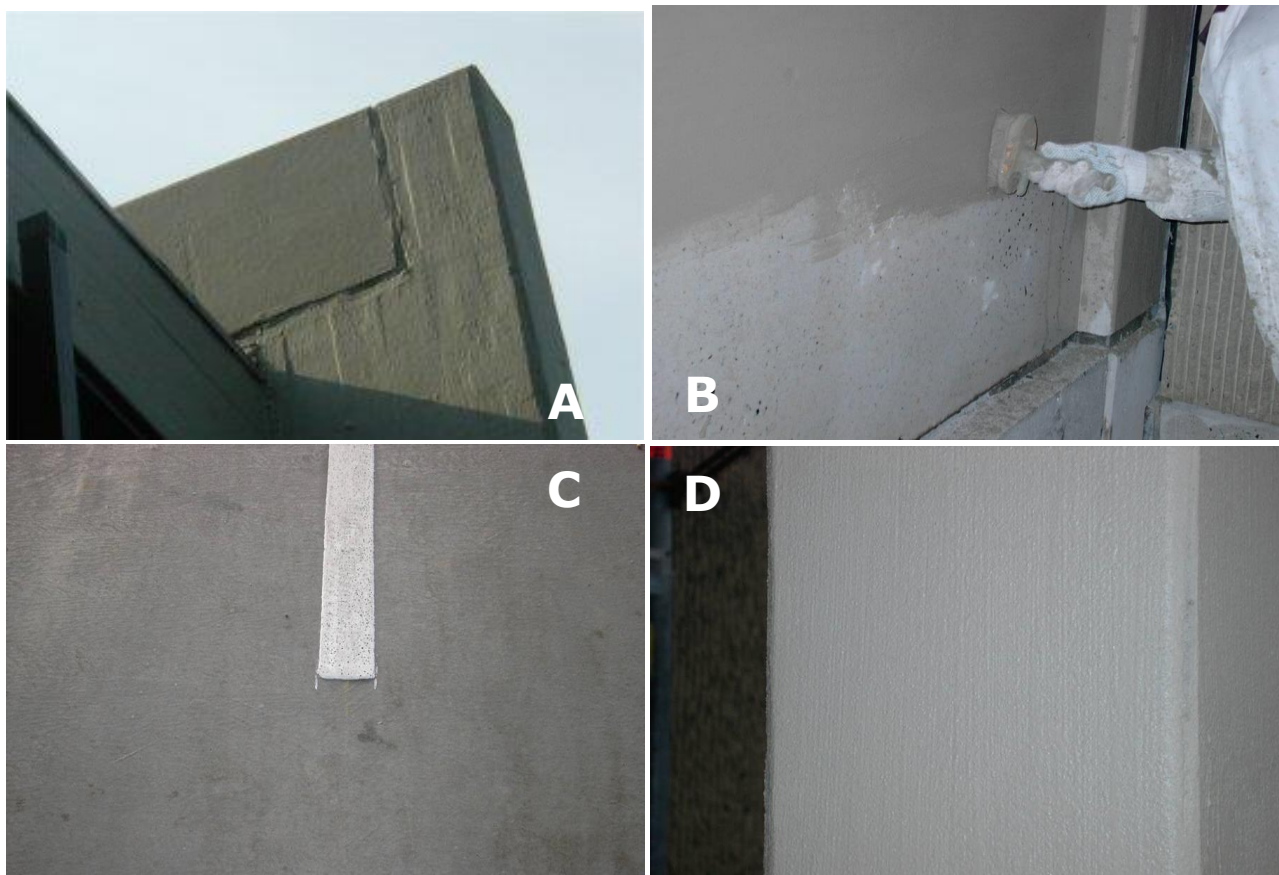
Rensningen har til formål at *fjerne* uønskede lag samt at *åbne* porer og revner.

Udjævningen har til formål at *udfylde* porer og revner samt at udjævne overfladen (bl.a. fjerne synlige kanter omkring reparationer). Udjævningens udseende påvirker det færdige resultats udseende betydeligt. Udjævningen skal være stærk og skal sidde godt fast. Udjævningen deltager både passivt (pore- og revneudfyldning) og aktivt (beskytter lidt mod CO_2 og mere mod Cl^-) i overfladebeskyttelsen.

Hyppigt anvendte udjævningsmetoder, før overfladebehandling er følgende:

- Svumning, udføres med kost, pensel eller malerrulle – forsletning iht. aftale skal udføres
- Tyndpudsning, udføres med filtsebræt med skum efter at materialet er påført underlaget med kost, pensel eller malerrulle
- Skrabespartling, udføres med spartel (kræver helt plant underlag)
- Slidlag kan udlægges på oversider efter ledere og med retskinner eller som selv-nivellerende mørtel
- Pudslag, udkastes på væg eller underside efter ledere og filtses
- Sprøjtepåføring, på store flader, hvor nogen tilsmudsning af omgivelser tillades, efterbehandling kan undværes, hvis udfaldet er sprøjtearbejdet er ensartet og jævnt (kan minde om 'appelsinhud').

Udjævningsmaterialer er acrylmodificerede cementmørtler og derfor er der risiko for hvide udfældninger, hvis arbejdet udføres eller materialet hærdet i fugtige omgivelser, se figur 10. De hvide skjolder er calciumhydroxid ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), der efter kontakt med luftens kuldioxid (CO_2) er udfældet som kalk, calciumcarbonat (CaCO_3).



Figur 9. Billederne viser forskellige udfald efter udjævning med svummemørtel. A. Forskellen på det færdigmalede resultat efter filtsning udført på en glat støbt overflade og svumning udført på en oprindeligt bræddeforskallet overflade. B. Svumning under udførelse med en anstryger – overfladen efterlades porefri. C. Gulvoverflade, hvor udjævningen er udført med en bred malerrulle. D. Nærbillede af en porefri, svummet overflade med en ensartet forslætning på langs af emnet.

Til at begynde med er overfladen afsmittende, men senere hærder kalken, hvorved den bliver sværere at fjerne. Hvis sådanne udfældninger forekommer, bør arbejdet indstilles og klimaforholdene forandres, fx ved inddækning og udtørring/opvarmning.

Hvis der skal påføres maling på overfladen, bør denne forinden støvsuges med børstemandstykke, og der bør i samråd med malingleverandøren udføres en passende grunding af overfladen.

20.2.6 Produktgrupper

De essentielle krav til produkter til overfladebeskyttelse af udvendig beton i Danmark er følgende:

- Arbejdsmiljøvenlig (lovgivning)
- Dampdiffusionstæthed/-åbenhed (fysisk begrundet)
- Alkalibestandighed (kemisk begrundet).



Figur 10. Billedet viser et eksempel på at en flade påført en acrylmodificeret svummørtel har fået hvide udfældninger. Udfældningerne tolkes ofte fejlagtigt som værende acrylen materialet, men laboratorieundersøgelser i mikroskop har fastslået, at der er tale om kalkudfældninger. Se forklaringen i brødteksten.

Disse krav afgrænser produktsortimentet betydeligt. [At's vejledning i produktvalg](#), blev udformet i starten af 1980'erne og er baseret på særdeles ældningsbestandige og derfor holdbare materialer, der opfylder ovenstående krav.

Generelt om almindelige malematerialer til betonfacader og sammenlignelige flader gælder følgende:

- Rene acrylplastmalinger (tyndfilm) er vejrbestandige, alkalibestandige, vand-dampdiffusionsåbne, chloridbremsende, karbonatiseringsbremsende og fås i mange glanstrin og kulører, men er ikke revneoverbyggende.
- Om acrylplasttykfilmmaling gælder som for acrylplasttyndfilm, dog kan udvalget af glans og kulører være meget begrænset, men de gode kvaliteter (hænger ofte sammen med renhed af acrylen) er desuden revneoverbyggende, hvilket er den primære grund til at vælge tykfilmsmaling frem for tyndfilmsmaling.

Begge disse typer af materialer er tillige arbejdsmiljøvenlige, hvorfor de bør/skal anvendes til langt hovedparten af de opgaver, hvor betonbeskyttelse eller udsmykning er påkrævet. I Danmark skal substitutionsprincippet overholdes, hvilket betyder, at man

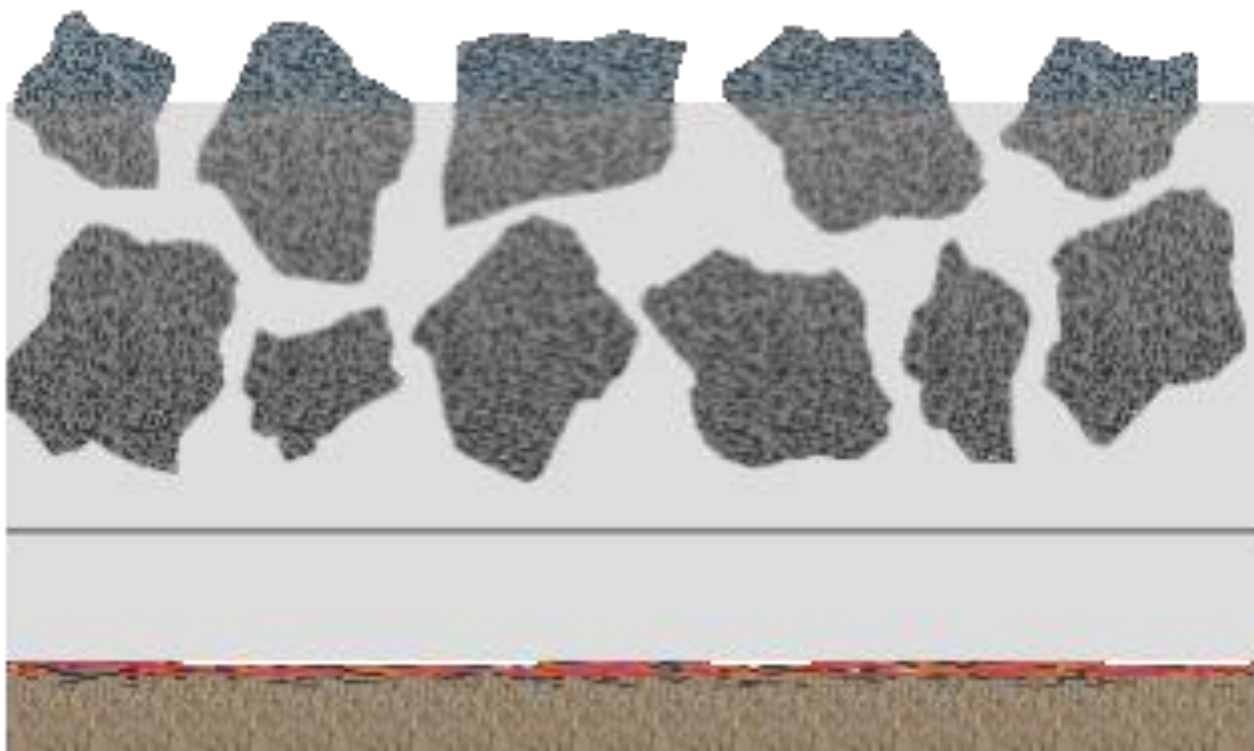
skal vælge det mest arbejdsmiljøvenlige materiale, der kan løse opgaven – se mere herom i kapitel 20.2.8 Arbejdsmiljø.



Figur 11. Billedet viser en malebehandlet betonelementoverflade (kulørforskellen er sløret af belysningsforholdene). Malebehandlingen fandt sted 23 år før billedet blev optaget. Malebehandlingen fremstår intakt. Området tv. i billedet blev før malebehandlingen blæserenset ved højtryksspuling med sandtilsats, svummet, malebehandlet med én gang tykfilmsmaling og én gang tyndfilmsmaling. Området th. i billedet blev blæserenset ved højtryksspuling med sandtilsats, malebehandlet med én gang tykfilmsmaling og én gang tyndfilmsmaling. På det indsatte miniaturebillede øverst th., får indtryk af den virkelige kulørforskel – tv. er en kuløren NCS2502-Y mens overfladen th. er NCS1502-Y, svarende til det oprindelige betonelement, hvor den glatte beton var blandet med grå cement, mens den bræddeforskallede beton var blandet med hvid cement.

20.2.7 Membraner og belægninger

Membraner og belægninger forstås her som lag med en gennemsnitstykkelse på ca. 0,5-5 mm og med en tiltænkt tæthed over for "et eller andet" (som regel vand). Særligt ved trafikerede flader kommer membraner i spil som en del af et belægningssystem, hvor flere egenskaber tilgodeses samtidig (fx skridsikkerhed, slidstyrke, vandtæthed, revneoverbygningsevne).

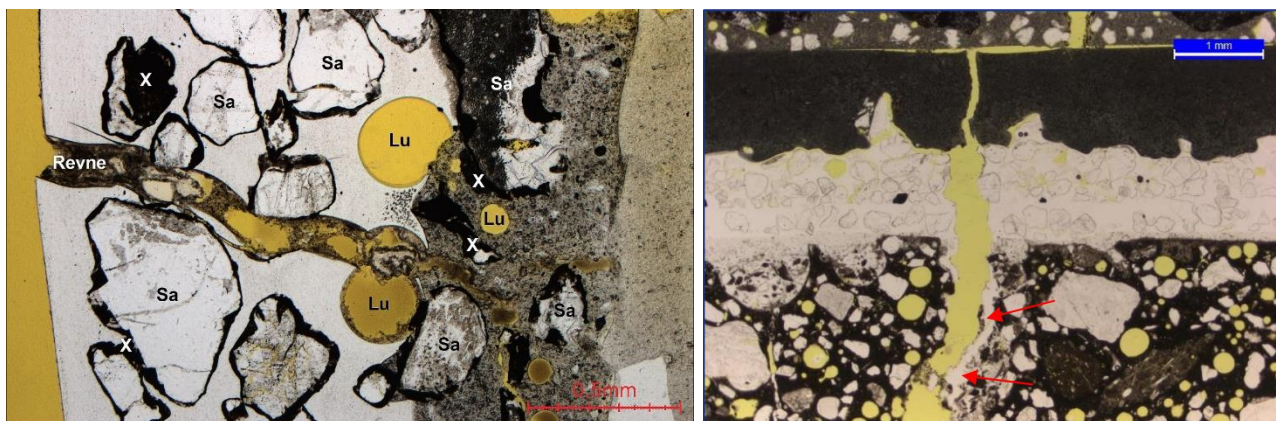


Figur 12. Figuren viser den principielle opbygning af en kunststofbelægning med et indbygget membranlag. Nederst i figuren er underlaget illustreret. Det kan være beton, et afretningslag eller et faldopbygningslag. Det rødlige lag illustrerer grunderen, der påføres for at sikre membranlagets vedhæftning. Grunderen skal kunne befugte underlaget. Membranlaget er det lyse grå lag og er altså det lag, der pga. sin fleksibilitet skal sikre vandtætheden og hvis underlaget revner. Hvis dette lag opblandes med fyldstof af stenmel, mister det en del af sin fleksibilitet. Øverst i billedet er vist et lag, hvor de mørkegrå former illustrerer de partikler, der blandes i og/eller udstrøs på kunststofbelægningens bærelag hhv. skridsikringslag, der herved gøres mere slidstærk og modstandsdygtigt for indtrykning, men samtidig mindre fleksibelt. Der afsluttes undertiden med en klar eller kulørt lakering for at justere ruheden/friktionen/kuløren af overfladen og for at forbedre rengøringsvenligheden.

I næste kapitel gennemgås arbejdsmiljøforholdene, der viser, at det i flere tilfælde kræver en særlig argumentation at anvende en kunststofbelægning. Derfor bør man som projekterende overveje, om det er muligt at undgå at benytte en kunststofbelægning. Det kan fx ske ved at anvende en passende robust, vandtæt og revneoverbyggende membran, der evt. ikke er egnet som slidlag. Ved at placere den under fx varmeisolering og et cementbaseret afretningslag, kan man opnå tilstrækkelig vandtæthed og robusthed.

Tætte og robuste membraner/kunststofbelægninger (evt. med en membran indbygget) er nødvendige i flere sammenhænge, fx:

- Tætning mod indtrængende/gennemtrængende vand/væske
- Beskyttelse af beton mod aggressive væsker (fx syre)
- Forbedring af muligheden for renholdelse (fx i levnedsmiddelindustrien)
- Som markering af zoner (fare / renhedsniveau / færdsel).



Figur 13. Billederne viser udsnit af to forskellige kunststofbelægninger, der begge er opbygget efter princippet vist på figur 12. På billedet tv. ses et udsnit, hvor overfladen er tv. i billedet. Belægningens øverste (og på billedet hvide) lag er revnet, og revnen kan følges ind i det mørkere grå lag, men ikke ned i det lysegrå lag, der er membranen. Revnedannelsen skyldes hér udefrakommende påvirkninger. På billedet th. ses et udsnit, hvor overfladen er øverst i billedet. En revne (gul på billedet) ses at passere fra det øverste lag og ned i underlaget, der er et afretningslag. Der kan observeres forskellige ting ved revnen: I mørtellaget nederst i billedet er revnevidden ca. 0,3 mm. Der ses ved de røde pile i mørtellaget et hvidt lag magen til laget ovenpå (epoxygrunderen). Revnen har altså været til stede, da underlaget blev grundet. Revnevidden i grunderen (første lag på mørtelen) er imidlertid af samme størrelse som i mørtellaget, hvorfor revnevidden må være vokset efter epoxyens hærdning. Ovenpå det hvide epoxylag ses membranlaget, der også er revnet, men kun med ca. 1/3 revnevidde, hvilket skyldes membranlagets fleksibilitet. Ovenpå membranlaget ses en revnedannelse parallelt med overfladen. Det skyldes vedhæftningsbrist imellem membranlaget og det øverste slidlag og denne revnedannelse forklarer, hvorfor revnevidden i slidlaget kan være større end den er i membranlaget, men trods slidlagets mindre fleksibilitet er mindre end i mørtellaget nederst.

Der bør ved valg af en kunststofbelægning gennemføres en funktionskravsanalyse, så man får valgt det rigtige belægningssystem til formålet, men for kunststofbelægninger kan følgende oplysninger desuden være væsentlige at indhente:

- Forventet/dokumenteret levetid
- Bindemiddeltyper i alle de indgående lag
- Systemkomponenter inkl. forbrug pr. m² og tykkelse pr. lag
- Muligheder for skridsikring og kulørvalg
- Sikkerhedskoder for malearbejde
- Klimakrav under udførelse (temperatur og luftfugtighed under hærdning og tørring)
- Krav til underlagets beskaffenhed (styrke, fugtindhold, pH-værdi)
- CE-mærkninger eller frivillige godkendelser
- Detailløsninger ved gennemføringer, hjørner og kanter
- Løsninger ved dilatationsfuger og revner
- Vedhæftningsstyrke, revneoverbygningsevne (-10 °C).

Særligt for afvandede flader, fx altaner kan man med fordel formulere et krav til maksimal tilladelig pytdannelse. Det kunne fx være som følger:

Vandpytter, der kan observeres i tidsrummet 1-2 timer efter vandpåvirkning, accepteres, hvis følgende gælder:

1. Der højst er 1 stk. pr. 10 m²
2. Længden af pytten er højst 250 ± 50 mm
3. Dybden af pytten er højst 2,5 ± 0,5 mm
4. Hvis flere pytter findes indenfor 50 m² skal de alle forsøges afhjulpet indtil både pkt. 2 og 3 er opfyldt.

20.2.8 Arbejdsmiljø

I Danmark gælder arbejdsmiljøloven naturligvis også for malearbejde. Den, der projekterer eller rådgiver, skal sørge for, at et projekt ikke foreskriver eller forudsætter, at man bruger et farligt stof eller materiale, hvis det kan erstattes af et ufarligt eller mindre farligt eller mindre generende stof eller materiale, jf. § 8 i bekendtgørelsen om projekterendes og rådgiveres pligter.

En bygherre kan blive omfattet af straffelovens medvirkensansvar, jf. arbejdsmiljølovens § 37, stk. 4. En bygherre kan pådrage sig et selvstændigt straffeansvar, hvis han ved tilskyndelse, råd eller handling medvirker til at gennemføre en strafbar handling.

Arbejdstilsynet har udgivet en [vejledning i produktvalg](#) og som det er nævnt i kapitel 0 gives der for så vidt angår malearbejde på bygningsoverflader (og dermed sidestillede, dvs. også fx ikke trafikerede overflader på anlægskonstruktioner) således vejledning til at anvende særdeles ældningsbestandige og derfor meget holdbare malematerialer. I pdf-udgaven er tre relevante skemaer: Skema 9, 10 og 11 inkl. noter.

Forståelse af sikkerhedskoden for malearbejde (ofte benævnt MAL-koden) er væsentlig at have. Koden består af to tal; et før og et efter en bindestreg ('stregen').

Tallet før 'stregen' udtrykker en kode for MAL, der er en forkortelse for 'Maleteknisk Arbejdshygienisk Luftbehov', der måles som det antal 'm³ luft pr. l produkt' der skal til for at fortynde koncentrationen af det sundhedsskadelige stof i malingen til under den hygiejniske grænseværdi.

Tallet efter 'stregen' er en kode for farligheden ved berøring/indtagelse af produktet. En oversigt over kodernes betydning og hvad de kan oversættes til er givet i tabel 4 og i tabelteksten.

Tabel 4. Tabellen viser betydningen af tallene før og efter 'stregen' i sikkerhedskoden for malearbejde. Koderne oversættes til krav til ventilation, krav til personlige værnemidler og særligt arbejdstøj, foranstaltninger ved klargøring, krav til arbejdsstedets indretning og personlig hygiejne ved arbejdets udførelse.

Tallet før strengen	Tallet efter strengen
Farlighed af dampe	Farlighed ved berøring/indtagelse
00: MAL $\leq$ 30 m ³	-0 Vand
0: 30 m ³ < MAL $\leq$ 100 m ³	-1 Skadelig sprøjtetåge mv.
1: 100 m ³ < MAL $\leq$ 400 m ³	-2 Som -1 og skadelig at indtage
2: 400 m ³ < MAL $\leq$ 800 m ³	-3 Som -2 samt skadelig ved kontakt med hud og øjne. Kan være allergigivende.
3: 800 m ³ < MAL $\leq$ 1.600 m ³	-4 Ætsende bestanddele
4: 1.600 m ³ < MAL $\leq$ 3.200 m ³	-5 Stærkt allergigivende ved hudkontakt eller særligt farlige for hud og øjne.
5: MAL > 3.200 m ³	-6 Som -3, giftig ved hud- og øjenkontakt samt ved indtagelse af små mængder.
MAL: 'Maleteknisk Arbejdshygiejnisk Luftbehov', der måles som 'm ³ luft pr. l produkt' for at fortynde til den hygiejniske grænseværdi	

Følgende to arbejdsmiljømæssige grundregler er vigtige og skal følges, bortset fra i de anførte undtagelsestilfælde:

- **Forbud:**

- Højeste tilladte tal før bindestregen i kodenummeret for malevarer i brugsklar blanding til UDVENDIGT malearbejde er for facader og tagbeklædning 2- dog 3- ved grunding eller imprægnering.

... dog:

- Medmindre arbejdsmiljø-, brand-, færdsels- eller levnedsmiddellovgivningen kræver særlige overfladeegenskaber, skal der søges om dispensation, hvis ovennævnte forbud overskrides.

- **Substitutionsprincippet:**

- Et produkt må ikke anvendes, hvis det kan erstattes af et andet produkt, der efter kodenummeret er mindre farligt eller mindre generende.

... dog:

- Hvis brugen af en erstatning vil medføre ikke uvæsentlige forskelle i tekniske egenskaber eller udgifter skal der foretages en samlet afvejning af de tekniske og økonomiske konsekvenser over for de sikkerheds- og sundhedsmæssige hensyn.
- Hvis erstatning vil medføre urimelige merudgifter eller tab for arbejdsgiveren, skal dette på forlangende dokumenteres over for arbejdstilsynet.

20.2.9 Produktvalg

Når reparationsprincip og reparationsmetode er fastlagt, udestår valg af produkt. På det stadie i processen bør man have adgang til alle de nødvendige oplysninger til at kunne træffe valget.

For så vidt angår produkter til overfladebehandling af betonoverflader sætter arbejdsmiljøreglerne, som det fremgår af kapitel 0, grænser for mulighederne.

En let adgang til at få indkredset egnede produkter – der er arbejdsmiljøvenlige og tilladte – fremgår af figur 14, der stammer fra [2].

Systemkode	96-1	93-3	93-4	96-5	93-6
Systembetegnelse:	Silikatmale- behandling	Acrylplastmale behandling	Acrylplast- tykfilmmale- behandling	Uelastisk acryl- modificeret ce- mentsvummebeh- andling	Elastisk acryl- modificeret ce- mentsvumme- behandling
Hvad er formålet?					
Udsmykning	●	●	-	-	-
Vandafvisning	-	●	●	-	●
Carbonatiserings- bremsning	-	●	●	-	●
Kloridbremsning	-	●	●	●	●
Revetlukning/- overbygning	-	-	●	-	●
Begrænsning af skader som følge af alkaliki- selreaktion	-	-	●	-	-
Antigraffiti	●	●	-	-	-
Hvor er overfladen?					
Tæt på trafikken	-	●	●	●	●
Langt fra trafikken	●	●	●	●	●
Over jord/vand	●	●	●	●	●
Under jord/vand	-	-	-	●	-

Signaturer: ● egnet, - uegnet.

Figur 14. Figuren er fra [2] og udtrykker vejreglernes opfattelse af hvilke generiske formål hvert af de fem komplette malingssystemer beskrevet i [3] egner til og hvor på konstruktionen produktet kan anvendes.

Valget af produkt skal ske med tanke på bedst muligt at få opfyldt de funktionskrav, som efterspørges i projektet. En stor del af de almindeligt forekommende betonbeskyttelsesopgaver kan løses med de malingssystemer, som er fuldt beskrevet i [3], dvs. at der er klimakrav, behandlingsopbygning, udfaldskrav, kontrolomfang og kontrolmetoder.

Hvis man er i et specialtilfælde, der ikke er dækket af de generisk beskrevne behandlingsformål, der fremgår af figur 14, kan man til opgaven udføre en funktionskravsanalyse og en konkret vurdering af produktalternativer.

Det gøres ved, at man opstiller en liste over projektets funktionskrav. For forskellige produkttyper, dvs. før det endelige valg af handelsvare og evt. uden skelen til produktvalgsskemmerne fra arbejdstilsynet (fordi man nu er i et specialtilfælde), undersøges det, hvor godt de enkelte typer opfylder alle funktionskravene. En simpel point-/karakterskala med op til fem trin sammen med en vægtningsskala (lidt væsentligt: 1 – meget væsentligt: 2) kan benyttes.

Herved kan det bedste produkt til opgaven identificeres. Metoden er langsommelig, men fungerer. Man må acceptere, at der kræves flere gennemregninger af de afgivne karakterer og evt. justering af listen af funktionskrav undervejs i processen, før man kommer til resultatet.



Figur 15. Eksempel på en malebehandlet betonoverflade ved en alder på 23 år. Overfladebehandlingen er tilsmudset/patineret med alger, men fremstår i øvrigt intakt. Og som udgangspunkt bør man acceptere, at der gror alger på bygninger eller at overflader på bygninger også patinerer. Når først overfladen er beskyttet tilstrækkeligt har de alene kosmetisk betydning. Betonen blev da også overfladebehandlet for at beskytte imod for hastig karbonatisering på et tidspunkt, hvor spredte dæklagsskader allerede var opstået. De blev repareret og overfladerne blev generelt overfladebehandlet, hvorefter der ikke har været nogen udvikling af dæklagsskader. Man ser, at den oprindelige bræddestruktur er bevaret på trods af overfladebehandlingen.

20.2.10 Særlig arbejdsbeskrivelse

Det er blevet sædvanligt, at man beskriver hvert trin af overfladebehandling for sig og med udfaldskrav, der skal kontrolleres for hvert behandlingstrin. Nedenfor gennemgås de typiske behandlingstrin i en betonbeskyttelsesopgave, og de enkelte afsnit er udformet, så de egner sig til at kopiere til en arbejdsbeskrivelse/et udbudsmateriale.

Afsnittene er i overensstemmelse med de tilsvarende beskrivelsesafsnit i [3]. Det skal bemærkes, at vejreglernes arbejdsbeskrivelser for overfladebehandling af betonoverflader ikke kun er udformet med tanke på konstruktioner omfattet af vejregelområdet, hvorfor beskrivelsesafsnittene givet i [3] let kan bringes i anvendelse på sammenlignelige opgaver på fx facader, altaner, parkeringshuse, svømmehaller mv.

Formålet med kravene til behandlingens opbygning er, at man ved den praktiske udførelse overalt på det behandlede område kommer tættest muligt på at opnå de egenskaber som laboratorieprøvningen har vist, at produktet potentielt besidder. Men det er netop sket under de ofte meget ideelle betingelser, hvorved emner til laboratorieprøvning fremstilles.

Da fokus i praksis især er på en kvalitativt beskrevet parameter som 'udseendet af underlaget' efter hver delbehandling samt vedhæftningens og lagtykkelsens størrelse og ensartethed, bør der forud for arbejdets igangsætning i stor skala altid udføres en prøvebehandling. Se mere herom i kapitel 0 Prøvebehandling.

Rensning

Overfladerne renses ved blæserensning efterfulgt af trykspuling med rent vand. Ved arbejdet skal der vælges metoder, der giver mindst mulige arbejdsmiljømæssige belastninger for arbejdere og omgivelserne, og der skal foretages afskærmning og afdækning i nødvendigt omfang til at beskytte trafikanter, maskindele, afløb m.v. og af hensyn til forurening af vandløb.

Udfaldskrav

- Overfladen skal være fri for betonslamlag, mørtelrester, rester af injiceringsmateriale, alge- og mosbegroning, støv og smuds, malings-, olie- og fedtrester.
- Overfladen skal så vidt muligt have et ensartet udseende uden rensesstriber og uden væsentlig opruning.
- Porer og revner skal være åbnet.
- Ingen væsentlig afsmitning og rester af blæsemiddel.
- Aftræksstyrke skal i gennemsnit være min. 1,2 MPa, ingen enkeltværdi under 0,9 MPa (højere værdier på hhv. 1,8 MPa og 1,5 MPa bør kræves ved trafikerede flader).

Udjævning

Svummemørtel - udjævningsmateriale -tilberedes efter leverandørens anvisninger.

Mørtlen påføres med kost à to gange, idet man med behandlingen skal opnå at udfylde porer, revner og ujævnheder ved at stryge i flere retninger. Afslutningsvis forslettes (se betydning af forsletning i figur 2, billede D (uensartet) og i figur 9, billede D (ensartet)) i én retning efter aftale med tilsynet. Her kan man også foreskrive, at behandlingen påføres med rulle, hvor overfladen så filtses som afsluttende behandling efter første lags påføring. Filtsning anvendes for at genskabe en oprindelig glat overfladestruktur, se forskellen på figur 9, billede A). Efter påføringen skal overfladen evt. beskyttes mod regn eller sol for at sikre tilfredsstillende hærdning.

Klimakrav

- Overfladetemperatur min. +5 °C på døgnets koldeste tidspunkt.
- Arbejdet må ikke udføres i regnvejr eller ved direkte solbestråling og/eller stærk blæst.

Udfaldskrav

- Overfladen skal have et ensartet og regelmæssigt udseende.
- Der må ikke forekomme knolde og grater, hverken på flader eller på kanter.
- Porer og revner skal være udfyldt.
- Uvæsentlig afsmitning.
- Sammenhængsstyrke gennemsnit min. 1,2 MPa (efter maks. 7 døgn ved 10-15 °C), ingen enkeltværdier under 0,9 MPa (højere værdier på hhv. 1,8 MPa og 1,5 MPa bør kræves ved trafikerede flader).

Grunding

Foreskrives grunder af malingleverandøren påføres denne efter leverandørens anvisning, der normalt indeholder følgende krav:

Klimakrav

- Overfladetemperatur min. +5 °C på døgnets koldeste tidspunkt.
- Relativ luftfugtighed max. 80 % under udførelsen og grunderens tørring.
- Arbejdet må ikke udføres ved direkte solbestråling og/eller i stærk blæst.

Udfaldskrav

- Overfladen skal overalt være mættet uden overskud af grundingsmiddel.
- Der må ikke forekomme grundingsmiddel på andre flader.
- Den grundede flade skal tørre klæbefrit op fra dag til dag.

Acrylplastmalebehandling

Acrylplastmaling påføres à mindst to gange efter leverandørens anvisninger til opnåelse af den af leverandøren foreskrevne tørre middellagtykkelse.

Klimakrav

- Overfladetemperatur min. +5 °C på døgnets koldeste tidspunkt fra påføringen til malingen er tør.
- Relativ luftfugtighed højst 80 % under udførelsen og malingens tørring.
- Arbejdet må ikke udføres ved direkte solbestråling og/eller i stærk blæst.

Udfaldskrav

- Ingen gennemgående porer og revner.
- Overfladen skal have et ensartet udseende med samme kulør og glans overalt.
- Der må ikke forekomme kratere, blærer, svampet udseende, løbere, krakelering eller smuds på overfladen.
- Tør middellagtykkelse skal være i overensstemmelse med materialespecifikationer og den foreliggende dokumentation. (Minimum middellagtykkelse skal angives af den projekterende.)

Vedhæftning og sammenhængsstyrke gennemsnit min. 1,2 MPa (efter max. 7 døgn ved 10-15 °C), ingen enkeltværdier under 0,9 MPa.

Acrylplasttykfilmmalebehandling

Acrylplasttykfilmmaling påføres à mindst to gange efter leverandørens anvisninger til opnåelse af den af leverandøren foreskrevne tørre middellagtykkelse. Påføringen skal foretages med anstryger (pensel). Rullepåføring må ikke anvendes.

Klimakrav

- Overfladetemperatur min. +5 °C på døgnets koldeste tidspunkt fra påføringen til malingen er tør.
- Relativ luftfugtighed højst 80 % under udførelsen og malingens tørring.
- Arbejdet må ikke udføres ved direkte solbestråling og/eller i stærk blæst.

Udfaldskrav

- Ingen gennemgående porer og revner.
- Overfladen skal have et ensartet udseende med samme kulør og glans overalt.
- Der må ikke forekomme kratere, blærer, svampet udseende, løbere, krakelering eller smuds på overfladen.
- Tør middellagtykkelse skal være i overensstemmelse med materialespecifikationer og den foreliggende dokumentation. (Minimum middellagtykkelse skal angives af den projekterende, med særlig vægt på den revneoverbyggende evne.)
- Vedhæftning og sammenhængsstyrke gennemsnit min. 1,2 MPa (efter max. 7 døgn ved 10-15 °C), ingen enkeltværdier under 0,9 MPa.

Kontrolplan og -omfang							
Kontrolmetode		Omfang	System nr.				
			96-1	93-3	93-4	96-5	93-6
VDPRØV.03/93	Visuelle metoder	10 %	R,M	R,U,M	R,U,G,M	R,M	R,M
VDPRØV.03/93	Afsmitningsprøve	10 %	R	R,U	R,U	R,U	R
VDPRØV.04/93	Aftræksprøvning	1 gang pr. kontrolafsnit	R,M	R,U,M	R,U,M	R,M	R,M
VDPRØV.05/93	Overflade-temperatur	Morgen og nødvendigt omfang	M	U,M	U,G,M	M	M
VDPRØV.08/93	Relativ luftfugtighed	Morgen og nødvendigt omfang	M	M	G,M	M	M
VDPRØV.10/93	Malinglagtykkelse beregnet	10 %	M	M	M	M	M
VDPRØV.11/93	Malinglagtykkelse mikroskop-metode	1 gang pr. kontrolafsnit	M	M	M	M	M
VDPRØV.17/93	Registrering af klimadata	Morgen, middag og aften	M	M	G,M	M	M

Symbolforklaring: "Kontrol udføres ved": R = Rensning, U = Udjævning, G = Grundning, M = Malebehandling

Figur 16. Figuren viser den kontrolplan, som er gældende iht. [3]. Det er en god rettesnor for det nødvendige kontrolomfang på de fleste opgaver med overfladebehandling. De anførte kontrolmetoder er detaljeret beskrevet i [3], hvor der også findes henvisning til de ækvivalente metoder i [5].

En sædvanlig måde til at håndtere kontrol af byggearbejde, herunder malebehandling af beton, er at følge nedenstående principper:

- Al kontrol skal baseres på klare kontrolafsnit, der er afgrænset af geometri, mængde, tid, behandlingsmetode mv.
- Den projekterende definerer kontrolafsnittene for opgaven i arbejdsbeskrivelsen.
- Det anførte kontrolomfang gælder for hvert kontrolafsnit, medmindre andet udtrykkeligt er anført.
- Entreprenøren har ret til, forud for igangsættelse af arbejdet, at underopdele kontrolafsnittene i mindre kontrolafsnit (når blot kontrolomfanget øges tilsvarende). Herved kan risikoen for at få forkastet et kontrolafsnit begrænses.
- Hvis der inden for et kontrolafsnit konstateres fejl og mangler, betragtes det pågældende arbejde eller den pågældende leverance hørende til kontrolafsnittet som ikke accepteret.

20.2.11 Prøvebehandling

Overfladebehandling har stor indflydelse på bygværkets udseende. Derfor er en rettidig, veludført og repræsentativ prøvebehandling værdifuld. En prøvebehandling tjener flere formål, der ofte viser sig at være til gavn for alle byggesagens parter.

Bygherren får mulighed for at se et troværdigt eksempel på den foreskrevne behandling udført af den aktuelle entreprenør og med det aktuelt valgte materialer. Bygherren bør tage stilling til kulør, glans, acceptabelt niveau for småfejl og variationer (en petitessegrænse), evt. ruhed, skridsikring.

Den projekterende får mulighed for at bedømme, om de beskrevne behandlingsgange og udfaldskrav giver det forventede udfald med de af entreprenøren valgte materialer og arbejdsgange samt hvilke almindelige småfejl, der ikke kan undgås (en petitessegrænse). Sker det, bør bygherrens accept af udfaldet indhentes. Desuden bør entreprenørens arbejde med at kontrollere udfaldet (prøvning in-situ) overvåges og vurderes.

Den udførende får mulighed for at demonstrere, i hvilken kvalitet behandlingen kan og vil blive leveret i på grundlag af den forståelse og prissætning, der er opnået og sket ud fra udbudsmaterialet. Desuden fås en reference for niveauet af tilladelige småfejl og variationer (en petitessegrænse). Endelig får entreprenøren vist, at de produkter, han har valgt til opgaven, kan bruges til at frembringe det forventede udfald med de foreskrevne egenskaber (udseende, lagtykkelser, vedhæftningsstyrker).

Prøvebehandlingen er således et godt værn imod tvister på et senere tidspunkt i processen – især hvis petitessegrænsen ikke er defineret.

Sker der ændringer i behandlingsopbygning eller udførelsesmetode undervejs i projektet, bør der gennemføres en tilsvarende justering af prøvebehandlingens referencefelt.



Figur 17. Billedet viser resultatet af en færdigudført prøvebehandling, der viser de forskellige trin i behandlingsopbygningen på en betonoverflade, hvor der efter ca. 40 års brug havde vist sig behov for beskyttelse imod yderligere karbonatisering. Den beskyttende malebehandlings forskellige behandlingstrin ses fra venstre mod højre og består af følgende behandlingstrin: Rensning for fjernelse af betonslamlag og for åbning af porer og revner, svumning af overfladen med en acrylmodificeret svummemørtel for udfyldning af porer og revner og for at opnå en porefri overflade og til sidst påføring af to lag acrylplastmaling – først en hvid og dernæst en grå. På trods af de mange behandlingstrin bliver betonoverfladens spor efter bræddefor-skalling bevaret.

Det er ofte bygherrens tilsyn, der foreskriver og organiserer prøvebehandlingen. Forud for en prøvebehandling bør der afholdes et planlægningsmøde med følgende deltagere:

- Entreprenør
- Arbejdsleder
- Materialeleverandør
- Tilsyn.

I hovedtidsplanen skal være afsat tid til at gennemføre prøvebehandlingen og vurdere dens udfald og foretage eventuelle justeringer, inden arbejdet skal starte. Det er i praksis ofte således, at man kan starte arbejdet med prøvebehandlingen samtidig med, at

det acceptable udfald af rensearbejdet (et referencefelt for rensningen) fastlægges i fællesskab. Når rensearbejdets acceptable udfald er fastlagt, kan rensearbejdet fortsætte uafbrudt, imens referencer for resten af behandlingsgangene på prøvefeltet færdiggøres.

Forslag til plan for prøvebehandling:

1. Der afsættes tilstrækkelig tid i tidsplanen til, at prøvebehandling kan fuldføres og vurderes inden start af det egentlige arbejde.
2. Byggepladstilsynet indkalder til planlægningsmøde med entreprenør, arbejdsleder, tilsyn og materialeleverandør:
 - a. Prøvefelt, placering og størrelse fastlægges
 - b. Behandlingsanvisning gennemgås og alle deloperationer omtales, herunder udfaldskrav
 - c. Proceskontrol, forventninger til kontrollen. Kontrolmetoder og kontrolskemaer gennemgås.
 - d. Sikkerhedsforhold skal behandles.
 - e. Endelig aftale om tidsplan for prøvebehandling.
3. Gennemførelse af prøvebehandling
 - a. Udførelse af behandling, operation for operation
 - b. Entreprenørens kontrol, tilsynets kontrol, udfyldelse af kontrolskemaer
 - c. Eventuelle behov for revisioner afklares.
4. Bedømmelse af resultater af prøvebehandlingen
 - a. Der skal gives tilstrækkelig tid til tørring/hærdning
 - b. Entreprenørens slutkontrol gennemføres
 - c. Accept eller kassation, derefter drøftelse af resultatet med bygherren for opnåelse af dennes accept af det færdige udseende.
 - d. Evt. revisionsaftaler samt, ved kassation, aftale om ny prøvebehandling
 - e. Ved accept: referencefelt markeres og mærkes "*Må ikke overmales!*"

20.2.12 Kontrolmetoder i in-situ og i laboratoriet

I behandlingsbeskrivelserne indgik udfaldskrav. Til hvert af disse udfaldskrav hører en prøvningsmetode, der er beskrevet udførligt i [3] og mere kortfattet i [5].

En oversigt over de relevante metoder til udførelse af kontrol af malearbejde på betonoverflader er vist i figur 18.

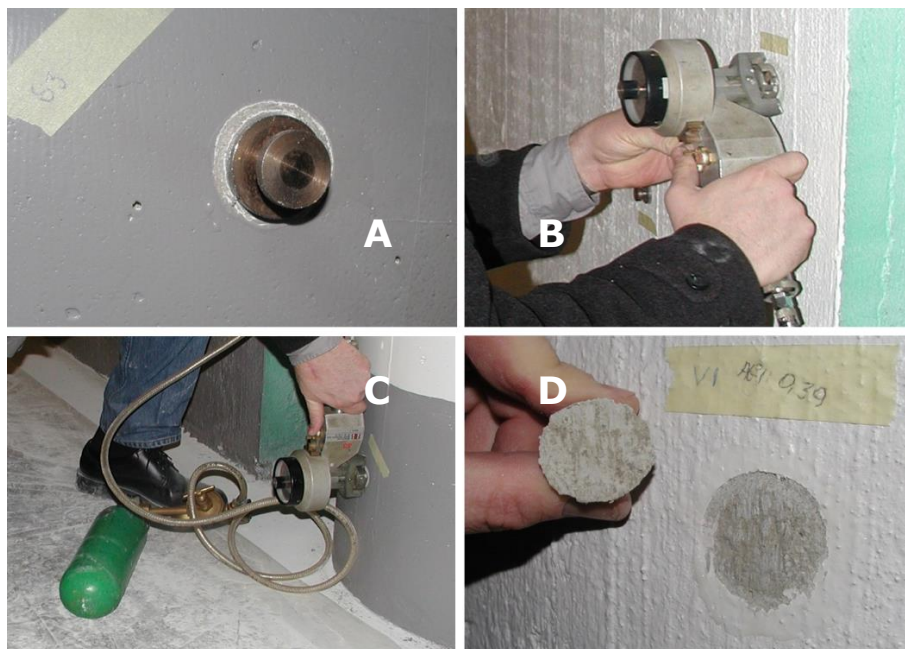
Det fremgår af figur 18, at følgende grupper af kontrolmetoder er aktuelle ved udførelse af overfladebeskyttelse/-behandling af betonoverflader:

- Visuelle metoder eller semikvantitative metoder
- Aftræksprøvning
- Bestemmelse/beregning af tør lagtykkelse

- Registrering af klimadata.

VDPRØV.nr.	Metodebeskrivelse
00/93	Anvendelse af visuelle metoder
03/93	Afsmitningsprøve ≈ DS/EN 1504-10 – A.9.2, metode nr. 2
04/93	Aftræksprøvning ≈ DS/EN 1504-10 – A.9.2, metode nr. 35
05/93	Overfladetemperatur ≈ DS/EN 1504-10 – A.9.2, metode nr. 10
06/93	Lufttemperatur ≈ DS/EN 1504-10 – A.9.2, metode nr. 21
07/93	Kontinuert registrering af temperatur og luftfugtighed
08/93	Relativ luftfugtighed og dugpunkt ≈ DS/EN 1504-10 – A.9.2, metode nr. 22 og 25
10/93	Malinglagtykkelse, beregnet
11/93	Malinglagtykkelse, mikroskopmetode
17/93	Registrering af klimadata

Figur 18. Figuren viser en oversigt over de prøvningsmetoder der er relevante ved udførelse af kontrol af malearbejde på betonoverflader fra [3]. Samlingen af metoder i [3] er kompatibel med metoderne angivet i DS/EN 1504-10, afsnit A.9.2, der dog ikke er komplet. Metoderne i VDPRØV.xx/93 kan derfor anvendes i stedet for metoderne benævnt DS/EN 1504-10, når der i figuren er anført et " ≈ " imellem metoderne.



Figur 19. Billederne viser trinene ved udførelse af aftræksprøvning på en malebehandlet overflade. A: Træklegemet er pålimet, limen er hærdnet og der er friskåret rundt om træklegemet. B og C: Det hydrauliske trækapparat er i brug. Det sørger ved sin udformning for et centralt, aksialt træk. D: Når brud nåes, aflæses værdien, der typisk noteres ved siden af prøvestedet. Brudfladerne fotograferes og bedømmes.

Vejrforhold	Bedømmelsesmetode (eksempel på registrering)
Sol/skyer	
Regn / tåge / dis	≡ ≈
Vindhastighed	lille – mellem - høj
Vindretning	N V → Ø S
Temperatur og fugtighed	Udstyr og kontrolmetode
Lufttemperatur	Termometer VDPRØV.06/93.
Luftfugtighed (RF %)	Psykrometer VDPRØV.08/93.
Dugpunkt	Beregning VDPRØV.08/93.
Registrering døgnet rundt	Termohygrograf VDPRØV.07/93.

Figur 20. Figuren viser dels de simple registreringer, der bør foretages i forbindelse med udførelse af malearbejde udendørs, og dels referencer til metoder til måling af temperatur og luftfugtighed fra [3]. I figuren mangler henvisning til VDPRØV.05/93 Måling af overfladetemperatur. Registrering af klimadata er mest vigtig på de tider af året, hvor vejret kan være en forhindring for malearbejdets korrekte udførelse. Men da der i en behandlingsopbygning indgår bindemidler med vidt forskellige egenskaber, så bør der som hovedregel udføres kontinuert registrering under hele arbejdets udførelse.

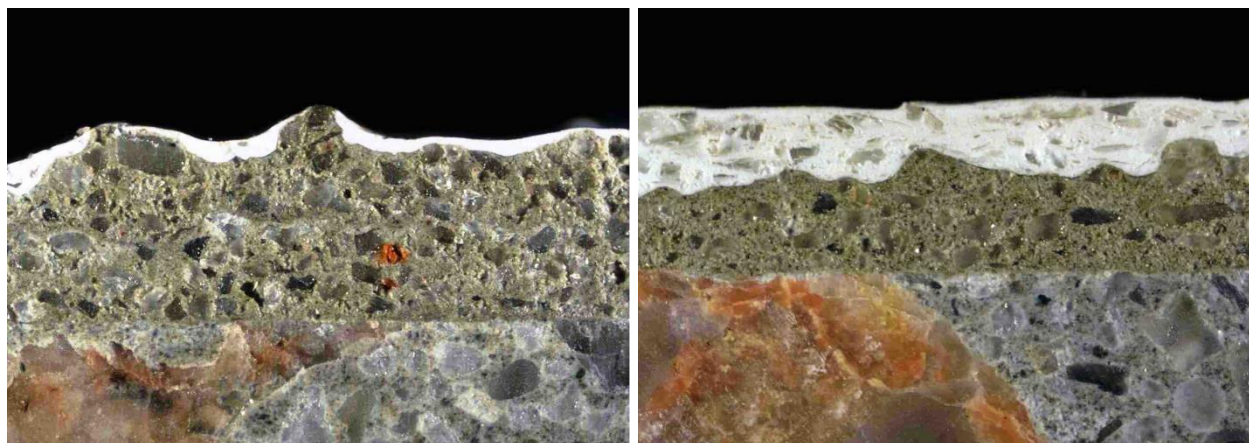
Som kontrollant skal man råde over instrumenter og andet udstyr svarende til de for entreprisen aktuelle kontrolmetoder. Man skal være trænet i udførelse af prøvningen, og man skal kunne foretage den nødvendige afrapportering.

Instrumenterne skal være funktionsduelige og justerede/kalibrerede. Desuden skal man kende begrænsningerne for instrumenternes anvendelse samt kende de sædvanlige usikkerhedsfaktorer. Endelig skal man kende forskrifterne for kalibrering, pleje og opbevaring af instrumenter, og herunder hvorfra tilbehør kan skaffes, og hvor instrumenter eventuelt kan repareres.

Det er således en særskilt disciplin at udføre prøvning, og det kræver rutine at gøre det korrekt.

Bestemmelse af den påførte malingslagtykkelse kan ske ved at opgøre forbruget og derefter korrigere for fordampning af opløsningsmidlet (ofte er det vand) og herefter beregne den tørre malingslagtykkelse. Men pga. underlagets ujævnhed er beregningen usikker og den siger beregningen intet om den reelle variation – se eksempler i figur 21.

Derfor bør den tørre middellagtykkelse bestemmes på prøver, der udtages fra de behandlede overflader og så sendes til laboratoriet, hvor der fremstilles præparater til analyse i mikroskop. Herved kan middellagtykkelsen og variationsbåndet for lagtykkelsen undersøges. Man skal dog være opmærksom på at lagtykkelseskravet er stillet til den tørre middellagtykkelse – ikke til en den observerede minimale lagtykkelse se også figur 21.



Figur 21. Figuren viser forstørrede snit igennem malebehandlinger udført i laboratoriet. Bemærk at betonoverfladen (laget nederst i begge billeder) er helt plan, hvilket ikke er normalt. I begge tilfælde er der påført et "udjævningslag". På begge billeder er det øverste hvide lag malinglaget; tv. er det en tyndfilmmaling med en gennemsnitstykkelse på 0,1 mm og th. er det en tykfilmmaling med en gennemsnitstykkelse på 0,4 mm. Lagtykkelsen varierer betydeligt og derfor bestemmes lagtykkelse af malinglag da også ved at beregne gennemsnittet af den målte tykkelse på 10 steder jævnt fordelt over snit som de viste, jf. VDPRØV.11/93 i [3].

20.2.13 Litteraturliste

- [1] DS/EN 1504-9. Produkter og systemer til beskyttelse og reparation af betonkonstruktioner – Definitioner, krav, kvalitetskontrol og overensstemmelsesvurdering – Del 9: *Generelle principper for brugen af produkter og systemer*, 2010.
- [2] [Udbudsforskrift, Betonbroer, Overfladebehandling af betonoverflader, Vejledning, Vejreglerådet, Vejdirektoratet, 2010.](#) (eller senere versioner)
- [3] [Almindelig arbejdsbeskrivelse, Betonbro, Overfladebehandling af betonoverflader – AAB Vejregler. November 2018.](#)
- [4] DS/EN 1504-2. Produkter og systemer til beskyttelse og reparation af betonkonstruktioner – Definitioner, krav, kvalitetskontrol og vurdering af overensstemmelse – Del 2: *Systemer til overfladebeskyttelse af beton*, 2005.
- [5] DS/EN 1504-10. Produkter og systemer til beskyttelse og reparation af betonkonstruktioner – Definitioner, krav, kvalitetskontrol og vurdering af overensstemmelse – Del 10: *anvendelse af produkter og systemer på byggepladsen samt kvalitetskontrol af udført arbejde*, 2017.