



Fasadelementer i pigmentert, slipt betong, Universitetsdistriktet i Paris. Arkitekter: Jean Guervilly, Françoise Mauffret m.fl.

sementtyper – pigment – tilslag

# BETONGOVERFLATER

Fra boken *Betongoverflater*. Utgiver: byggutengrens.no og Gyldendal  
 Forfattere: Ole H. Krokstrand, Øyvind Steen og Magne Magler Wiggen.  
 Foto: Daniel Hertzell, Ole H Krokstrand og Trond Opstad, Informasjonspartner



Betongoverflater ble kåret til 'Årets vakreste bok 2012'

## Sement i farget betong

Sementen på det norske markedet hentes fra ulike produksjonssteder med forskjellige råstoffer. Derfor er det også ulike farger og hvithetsgrader i sementen, noe som igjen påvirker betongens utseende. Dette betyr at der utseende og helhet er viktig, må man benytte samme sement i hele konstruksjonen.

Sementens hvithetsgrad kontrolleres gjennom målinger av sementpulverets reflekterende evne. De grå bygg- og anleggs-sementene på det norske markedet har en hvithet på mellom 27 og 39 %, mens hvitementene ligger på 85–90 %.

Før kravet til en sement stilles i en prosjektbeskrivelse, bør det avklares med aktuelle produsenter om det er praktisk mulig å benytte den ønskede sementtypen. Det kan være avgrensede leveranseområder for gitte produkter, og det kan være kostnadsmessige sider ved et eventuelt sementbytte.

Det er flere måter å endre gråtonen og fargeuttrykket til betong på. Man kan

- endre sementtype
- endre tilslag
- tilsette pigment

En kombinasjon av disse tiltakene er vanlig.

Ønsker man en hvit eller lys grå betong, velges en hvit sement, vanligvis blandet med lyse steinsorter. Tilsvarende kan man bruke farget tilslag og eller pigmenter for justering av fargeuttrykket.

En betongoverflate kan således varieres i hvithet fra 20 til 90%. Sistnevnte er så nær hvit at overflaten oppfattes som hvit. (Alt under 20% oppfattes som svart.)

Den aller hviteste betongen får man ved å benytte titandioksid. Med en kombinasjon av hvit sement, dolomitt og titandioksid kan hvitheten nå helt opp til 90%.

Gråtonen til en ferdig betongoverflate påvirkes også av herdetemperatur og v/c-tall:

- en raskt nedkjølt overflate gir mørkere betong
- dersom fritt vann absorberes av formen når betongen herder (når v/c-tallet minker i overflaten), blir flaten mørkere

Eventuelle kalkutslag påvirker også gråtonen. Dette vil være mer synlig på mørke betongoverflater enn på lyse.

## Pigmenter

Det anvendes hovedsakelig uorganiske pigmenter i betong.  
Organiske pigmenter frarådes, da noen av dem er herdningsretarderende og gir dårligere fargestabilitet over tid.

Mineralpigmenter finner vi i naturen, eller de kan utvinnes av forskjellige materialer. Hvite mineraler som dolomitt benyttes gjerne som filler i kombinasjon med pigment.

Metalloksider går også under betegnelsen mineralpigment. Mineralpigmenter er, ofte p.g.a. renhet og jevnhet, velegnet til bruk i betong. Men det er noen unntak. Kravene er at pigmentet

- er kalkekte – fargetonen må ikke påvirkes av kalsiumhydroksid som dannes når sementen binder og herdner
- er alkaliebestandig – pga det sterkt alkaliske miljøet
- ikke påvirker herdeforløpet eller den endelige betongfastheten
- ikke inneholder fremmedlegemer/stoffer som misfarger betong
- oppfyller kravet til utvendig bestandighet (bl.a. UV-bestandig)
- er fritt for klumper og lett nedfuktbart slik at det enkelt lar seg blande inn i betongen

### FORMATER

- Pulver i sekk eller bulk er mest vanlig, men skaper noen problemer under inndosering i form av støv og tilsmussing av utstyr
- Pulver i vannoppløselig sekk er enklere, da hele sekker kan inndoseres direkte i blanderen og forpakningen løses opp umiddelbart. Dermed reduseres risikoen for tilsmussing
- Pigment i slurryform er gunstig fordi pigmentet lettere kan doseres nøyaktig over vannvekt/tilsetningsstoffvekt i blandeverk. Gir raskere fordeling og atskillig jevnere farge enn tilsvarende pulverpigmenter
- Granulat gir langt mindre støvproblemer, men krever noe lengre blandetid før det brytes ned og fordeles i blandingen. Hvite og blå pigmenter leveres ikke som granulat.

### PIGMENTTYPER

Hvitt: Titandioksid foreligger i to versjoner

- Anatas-mineral  $TiO_2$  er det mest anvendte hvitpigmentet til betong. Det 'kritter' litt i overflaten over tid og tilfører således overflaten hvitfarge etter utstøping
- Rutil-mineral  $TiO_2$  er et noe renere mineral, med litt hvitere fargetemperatur. Det har langt bedre pulvereigenschaften og er lettere å håndtere via silo, mens anatasversjonen pakker seg lettere.

Spesielt for  $TiO_2$  er en fotokjemisk reaksjon ved sol og UV-bestråling som gjør at groing og algevekst på betongoverflaten reduseres. Dermed blir renhold og vedlikehold betydelig enklere.

Svart, rød, brun og gul jernoksid er ved siden av titandioksid de pigmenter som anvendes mest i betong. Disse ligger på omtrent samme prisnivå.

Grønn kromoksid er et mer kostbart pigment som det kreves større mengder av for å oppnå en sterk kulør.

Blå koboltoksid er svært kostbart og anvendes kun i spesielle tilfeller.

Brun jernoksid



Rød jernoksid

Gul jernoksid



Hvit titandioksid

Blå koboltoksid



Grønn kromoksid

## Jernfilspon

kan blandes i betongen for å gi en rustaktig fasade som 'blør' rustflekker. Etter avforming behandles flaten med en oksalsyre-oppløsning.

For innfarging av betong anvendes som nevnt kun uorganiske pigmenter. Av miljømessige grunner er granulert å foretrekke hvis det er tilgang på pigmentet i denne formen. Alle uorganiske pigmenter er bestandige over tid, men betongflaten kan brytes ned av sur nedbør slik at litt av tilslaget frilegges, noe som kan endre kuløren etter hvert.

I motsetning til en plasstøpt betongfasade vil en betongelementfasade vanligvis ikke være gjennomfarget. Av økonomiske grunner begrenser man farget betong til et overflatesjikt som støpes ut som forsatsbetong.

Det kan være greit å være klar over følgende:

- glatte overflater gir svakest fargevirkning
- store, glatte flater kan få fargenyanser
- tilslagsfargen kan slå igjennom
- jordfarget falmer lite
- hvit sement gir klarere farger, men er dyrere enn grå sement

Store, glatte flater av farget betong kan gi inntrykk av fargenyanser og skjolder i enda større grad enn grå betong, selv om de faktiske variasjonene er små. Det oppnås derfor best resultat når den pigmenterte fasadeflaten kombineres med en oppruting i mindre felt, profilering eller annen overflatestruktur. Dette forsterker fargevirkningen som følge av lys- og skyggevirksomhet.

Svart, rødt, gult og brunt pigment basert på uorganiske jernoksid benyttes mest. Metalloksider i andre farger er tilgjengelige, men er dyrere. Blått pigment er svært dyrt og kan falme over tid.

Farge	Pigment	Relativ kostnad i forhold til rimeligste farge
Svart, rød, brun, gul	Jernoksid	1-2,5
Grønn	Kromoksid	8
Blå	Koboltaluminat	60

Farget betong i svart, rødt, brunt eller gult fordyrer en betongmasse med 30-50 % i forhold til grå betong. For betongelementer er prisøkningen mindre, fra rundt 10-30 %, fordi man kun har farget betong i forsatssjiktet.

Man må også være oppmerksom på at det kan påløpe ekstra kostnader på blanderverket om det skal produseres pigmentert betong innimellom vanlig produksjon, da dette krever omfattende rengjøring av blanderverk og biler mellom de enkelte leveransene.

Slipte, pigmenterte flater og frilagte flater er mer fargeekte enn ubehandlede. Dette fordi sliping og frilegging fjerner sement-slammet i overflaten slik at tilslaget blir mer dominerende.

## PIGMENTERING FOR STERK KULØR

Som nevnt er det mange faktorer som påvirker sluttresultatet ved pigmentering. Ønsker man klare kulører, bør man velge hvit sement. Hvit sement gir også en mørkere svartfarge enn grå sement. Kulørene kan forsterkes ytterligere ved å benytte tilslag i samme farge som den ønskede betongflaten.

Gode resultater med pigmentert betong beror ikke bare på pigmenttype og tilslag. På samme måte som med grå betong er

det mange faktorer som spiller inn. Ikke minst kan kalkutslag være en stor utfordring ved betong med sterke kulører. Derfor er det viktig å gjennomføre tiltak for å unngå belegget som kalkutfelling medfører. Kalkutfelling vil normalt avta etter et år. Dersom betongflaten beskyttes de første ukene etter støping, er kalkutslag ikke noe problem for betongflater som står innendørs. Her vil flatene beholde sin kulør uforandret over tid.

## Tilsetningsstoffer

Tilsetningsstoffer til betong er produkter som på grunn av sin kjemiske eller fysiske virkning tilsettes i betongen i små mengder (som oftest mindre enn 2 % av sementvekt) og påvirker betongens egenskaper, enten i fersk eller herdnet tilstand.

Tilsetningsstoffer skal leveres av sertifisert leverandør og være CE-merket der dette er relevant.

Enkelte tilsetningsstoffer kan på grunn av sin farge ha en uheldig påvirkning på helt hvit eller svært lys betong.

- Størkningsakselererende tilsetningsstoffer (SA) benyttes for å oppnå tidligere størkning.
- Luftinnførende tilsetningsstoffer bidrar til å skape små, jevnt fordelte luftporer i sementpastaen. Porestrukturen forblir i betongen etter herdning og gir den bedre frostbestandighet. Stoffet kan også benyttes for å bedre betongens mobilitet og stabilitet. Stabilitet er viktig for å unngå skjolder og porer i betongoverflaten. Økt bearbeidbarhet bidrar til bedre komprimering av betongen og større tetthet.
- Retarderende tilsetningsstoffer er stoffer som forsinker størkningen og gjør betongen bearbeidbar over en lengre tid. Retarderingen kan skje fra etter noen timer til et døgn eller mer (må forhåndsprøves). Eksempler på bruk kan være
  - støping i varmt vær
  - lang transport
  - lav støpekapasitet
  - glidestøpingRetarderende stoffer benyttes også ved frilegging av overflater.
- Plastiserende (P) og superplastiserende (SP) tilsetningsstoffer finnes i praktisk talt all fabrikkblandet betong. De benyttes både for å bedre betongens flyteegenskaper og for å redusere vanninnholdet. Lavt vanninnhold er viktig for å redusere betongpris og svinn og for å øke betongens fasthet. De ligosulfonatbaserte stoffene (P-stoff) retarderer størkningen. De er mørkebrune i farge og frarådes for hvit betong. Ved bruk av selvkomprimerende betong (SKB), som kan være nødvendig for å få støpt ut kompliserte tverrsnitt, benyttes det nesten utelukkende SP-stoffer, men også P-stoffer kan benyttes. Det er mange produkter på markedet med svært ulike egenskaper med hensyn på plastisering og stabilisering. Kontakt aktuell leverandør for å få bistand. De fleste SP-stoffene er enten blanke/klare eller har en relativt lys farge.

## Tilsetningsmaterialer

Tilsetningsmaterialer er uorganiske, hydrauliske og pozzolane materialer (mineralske materialer som i større eller mindre grad reagerer med de andre bestanddelene i betongen). De mest brukte tilsetningsmaterialene er silikastøv og flygeaske (støv fra skorsteinene fra henholdsvis ferrosilisiumproduksjon og kullfyrte kraftverk), men også slagg (fra jernproduksjon) benyttes i en viss grad.

- Silikastøv tilsettes på betongfabrikk, vanligvis ikke mer enn ca. 5 % av sementvekten. Silika kan bedre betongens stabilitet, fasthet og bestandighet. Som en hovedregel vil den gi noe mørkere betongoverflate. Man kan imidlertid også få lyst silikastøv som spesialleveranse.
- Flygeaske tilsettes vanligvis i sementen (ca. 20 % av sementvekten), men man kan også se en økt tendens til å tilsette større mengder (40–60 %) på fabrikk. Flygeaske vil vanligvis ikke påvirke overflaten nevneverdig dersom det benyttes standard portlandssement, men kan gi utfellinger og striper i overflaten. Erfaringer viser at flygeaske kan gi noe lysere farge.

Bruken av tilsetningsmaterialer i betong er økende. Dette skyldes i all hovedsak større vektlegging av bestandighet og klimafordrende tiltak (verdens sementprodusenter er underlagt krav om redusert CO<sub>2</sub>-utslipp i forbindelse med produksjon av klinker).

## Tilslag

Tilslag er fellesbetegnelsen på sand- og grusmaterialer til betong. Tilslaget utgjør hele 65–75 % av det totale volumet eller 80 % av vekten og er den dominerende bestanddelen. Det er strenge kvalitetskrav til materialet man benytter som tilslag i betong, se NS-EN 206-1 Betong og NS-EN 12620 Tilslag for betong. Tradisjonelt har man brukt sand fra morener eller elvegrus, men nye miljøkrav har begrenset slike uttak. Derfor brukes nå stadig mer knust steinmateriale fra steinbrudd eller sprengningsarbeider. Knust tilslag har en fordel ved at skarpe kanter øker styrken noe, men ulempen er at vannforbruket, og dermed sementforbruket, øker.

De vanligste tilslagsmaterialene som benyttes i Norge er tilslag fra bergartene granitt, gneis, diabas og hard kalkstein. Ulike bergarter har ulike fargenyanser. Og fargen på bergarten i et steinbrudd kan ofte variere mellom ulike steder i bruddet.

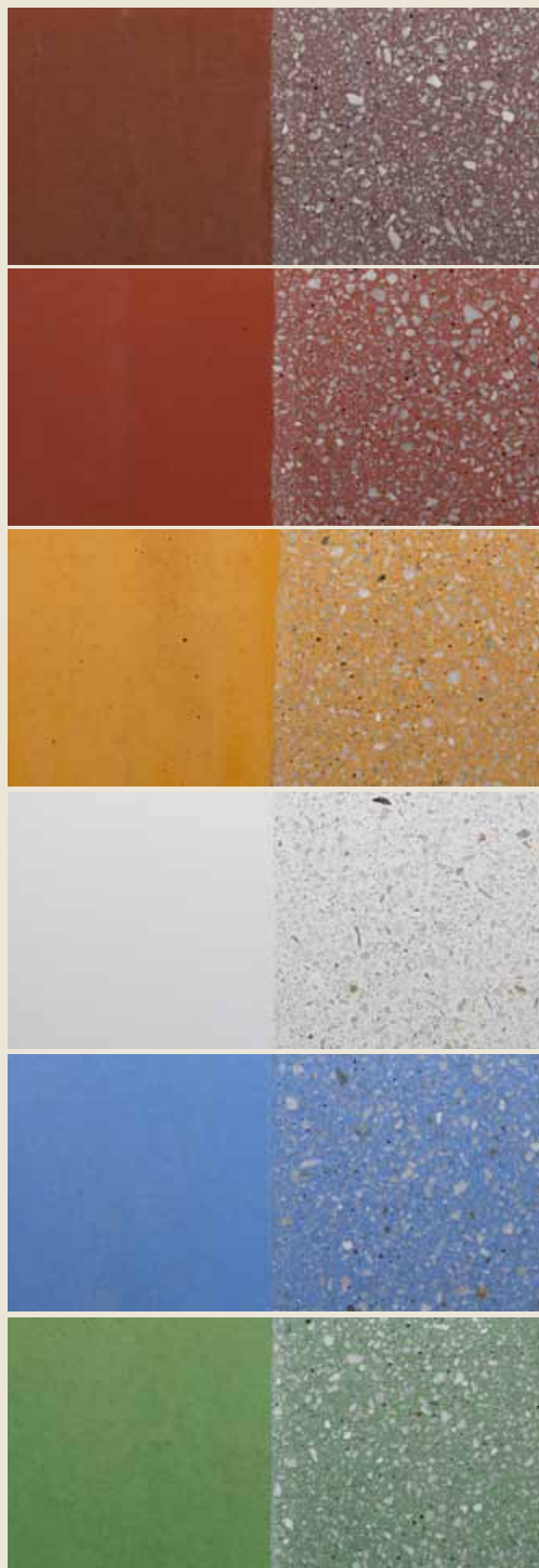
Et godt tilslag bør være godt gradert, det vil si at det bør ha en jevn fordeling av de forskjellige kornstørrelsene.

### KULØR FRA TILSLAGSMATERIALER

Det er fillerandelen (< 0,063 mm) i tilslaget som påvirker overflatefargen til ferdig konstruksjon. Tilslagskorn større enn filler vil være helt omsluttet av sementpasta og kan ikke ses på overflaten.

Bare prøvestøp med forskjellige sammensetninger av tilslaget kan gi svar på hvordan finmaterialet påvirker overflatefargen.

Der det stilles store krav til fargelighet, må man påse at hele den aktuelle flaten støpes med betong med samme type tilslag. Likeledes bør all betong til de eksponerte betongflatene komme fra en og samme leverandør.



Eksempler på ubehandlet og slipt farget betong med marlmortilslag



Støpesand 0-8 mm

Larvikitt 0-8 mm



Husnesmarmor 8-16 mm

Røykengranitt 8-16 mm



Larvikitt 16-22 mm

Natursingel 16-22 mm

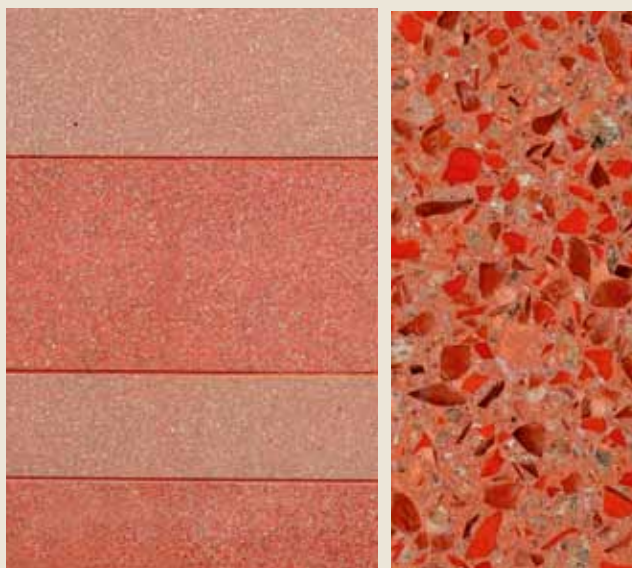


Farget glass (streetmix) 0-8 mm

Kragerøkvarv 0-8 mm



Klart glass 0-8 mm



Slipte elementfasader der innfarget betong med Drammensgranitt er kombinert med felt i rød glassbetong. Den skarpe rødfargen i glassbetongen kommer fra rødt glass, mens de rødbrune kornene (nærbildet) er klart glass som forsterker fargen i sementpastaen. Fra Stavanger konserthus. Ratio Arkitekter.

#### TILSLAG FOR FRILEGGING

En frilagt overflate er en overflate der betongslaget er vasket bort eller fjernet på annen måte slik at tilslaget blir eksponert. Overflaten kan varieres gjennom steinmaterialets størrelse, form og kulør, samt tetthet og frileggingdybde. I tillegg påvirkes utseendet av fargen i sementmørtelen.

Frileggingstilslaget kan være natursingel eller knuste masser. Avhengig av det opprinnelige materialet og knusemetoden kan knust materiale være kubisk eller fliset. Også knust keramisk materiale og glass kan inngå som tilslag, men avhengig av frileggingdybden gir glass en meget skarp overflate. Tilslag av glass kan gi flere fargemuligheter, men er dyrt. Ved utendørs bruk må det gjøres spesielle tiltak for å unngå uheldige alkaliske reaksjoner mellom glasset og sementpastaen med resulterende nedbrytning av betongen.

Tilslag for frilegging finnes i en lang rekke farger og både ensfarget og flerfarget. Man må regne med visse variasjoner i materialenes struktur og farge avhengig av mineralenes og bergartenes naturlige skiftninger og formasjoner.

Tilslag for tradisjonell frilegging bør stort sett ha samme størrelse, f.eks. 11-22 mm, med et sprang til neste lavere størrelse.

Ved grunnere frilegging, der man ønsker å gi overflaten en mer sandpapiraktig overflate (minicoat eller miniretarder), er det kun de finere kornstørrelsene som blir frilagt. Da vil det kanskje være graderingen 1-4 mm som blir synlig.

Tilslagsleverandøren leverer som regel oversikt over de sorteringene som er tilgjengelig sammen med graderingskurver.

Steinstørrelsen og frileggingdybden påvirker betongflatens tykkelse pga. kravet til overdekning av armeringen. Ved en størrelse på steinen på opptil 22 mm må det første støpelaget være minst 30 mm og hele platen 70 mm, med en økning som er proporsjonal med økt størrelse på steinen og avhengig av andre innsetninger i elementet. Det må også tas hensyn til om den ferske overflaten skal bearbeides, og til frileggingdybden. ■