

BETONG

**BESTILL BOKA
"BETONGOVERFLATER"
TIL SPESIALPRIS**



GYLDENDAL
AKADEMISK



Betongflatens karakter og estetikk

En vesentlig forutsetning for arkitektonisk kvalitet er at den tekniske løsningen baserer seg på både funksjonelle og estetiske krav. For ikke bare å utgå fra kjente tekniske muligheter når kravene formuleres, er det vesentlig også å ta hensyn til visuelle uttrykk. Estetiske krav uttrykt på en kvalifisert måte kan inspirere til utvikling av bedre betongoverflater.





Betong har karakter og estetikk som ikke finnes i andre byggematerialer. Spesielt er de uendelige muligheter for variasjon i overflaten unike. Ordet overflate må her oppfattes i videste forstand og ikke bare som fasadeoverflate. Overflater på konstruksjoner som søyler og støttemurer viser også betydningen av en estetisk bevissthet. Betongoverflaters kvalitative uttrykk fremstår alltid på forskjellige måter – fra de minste porer til de dypeste sjatteringer. Valg av forskaling er bare en av mange muligheter man har for å prege en betongoverflate.

Betong kommer best til sin rett når overflaten oppleves uten beskyttende belegg. Påføring av lasur eller maling kan gi fine resultater, men det finnes også mange andre overflatebehandlinger som kan utføres på ulike tidspunkt i prosessen.

Når man står foran valget av betongoverflate, består oppgaven i å bestemme seg for et visuelt uttrykk definert av overflatens mønster, struktur, gråtone og farge. Deretter konkretiseres egenskapene gjennom materialvalg og bearbeiding av ferske overflater eller etterbehandling av herdede flater.

I oversikten nedenfor som viser mulige kombinasjoner av deluttrykk, er det gjort en forenkling slik at bare det som oppfattes med øynene, registreres. Uttrykkene gråtone og farge kan fungere hver for seg. Overflater med mønster og struktur går over i hverandre som for å vise den flytende overgangen mellom dem. Mulighetene for variasjon innenfor hver uttrykksform er betydelig: mønsterets ulike karakter og størrelse, strukturens grovhet, gråtonens svarthet og fargenyansene. Antall tenkbare kombinasjoner er nærmest uendelig.

Hensikten med denne boken er å vise hvordan estetiske ideer kan realiseres i betong. En forutsetning for å lykkes er at alle involverte parter (byggherre, arkitekt, rådgivende ingeniør, entreprenør og betongleverandør, eventuelt leverandør av betongelementer) har samme oppfatning av hvilke estetiske krav som forventes.





Bild Avytmönster



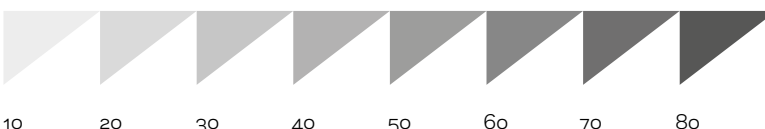
Bild Avytstruktur



Gråton



Kulör



Betongflatens kvadratur

Betongflatens kvadratur viser forutsetninger for å skape det ønskede fasadeuttrykket innenfor helhetsrammen. Det ytre kvadratet viser betongflatens fire uttrykk utover helheten: mønster – struktur – gråtone – kulør. Det indre kvadratet viser betongens varierende svarthet i prosent innenfor normalt oppfattbare ytterligheter. Forskjellen i gråtone i den ytre kretsen i forhold til svartheten i den indre viser mulighetene for nyanser. Man ser kulører av pigmentene svart, rødt, gult og brunt jernoksid, samt grønt krom, blå kobolt og hvitt titandioksid.

Overflatebegrepene

En *helhet* dannes av overflatens ytterkanter og andre spesielle begrensninger.

Et *overflatemønster* er en konsekvens av en fasades konstruktive oppbygging, for eksempel mønsteret som dannes av fugene i en elementfasade.

Alle betongflater har en *overflatestruktur*. Den kjennes når man stryker med fingrene over flaten.

Gråtone er i denne sammenhengen en spesiell egenskap og uttrykkes i prosent av svarthet som kan variere fra 10 til 80 prosent.

Betongflatens *farge* slik den oppfattes av øyet, karakteriseres av forskjellige uttrykksformer, som fargetone, metning og lyshet.

Sluttresultatet bestemmes av produksjonsmetoden og materialene i betongen. Betongen leveres som ferdigbetong på byggeplass og fylles i former der, eller den leveres som prefabrikkerte elementer for montering på byggeplassen.

Betongflatens materialitet

Utgangspunktet for betongflatens materialitet er den opprinnelige form- og strukturløse betongmassen, som i herdeperioden holdes på plass av forskaling. Betongmassen vil før herding trenge ut gjennom eventuelle sprekker i formen, og betongens evne til å fylle ut ethvert hulrom vil avsløre alle ujevnheter i formens overflate. Betongen gjengir forskalingens materialitet gjennom mønster og overflatestruktur.





Det er i dette møtet mellom form og betongmasse at betongens materialitet kan styres til bestemte uttrykk. Den kan bli en glatt flate støpt i en form av plastbelagte plater og være lik en jevn, gråmalt overflate. Men til tross for likheten har den likevel et spesielt visuelt uttrykk som vanligvis oppfattes som en tilleggsverdi, en levende flate. Et annet eksempel på en betongflates materialitet er frilagging av overflaten, der det dekkende sementlaget er fjernet og tilslagsmaterialet gjerne er frilagt i forskjellige dybder.

Visuelle og estetiske uttrykksformer

Betongflatens *visuelle uttrykk* utgjøres av helheten, overflatemønstre, overflatestruktur, gråtoner og farger – det man ser. Betongflatens *estetiske uttrykk* omfatter både det man ser og det man kjenner. De to uttrykksformene behandles i fortsettelsen hver for seg. De visuelle egenskapene, de faktiske, kan beregnes og måles. De estetiske egenskapene tar man stilling til.

Uttrykksformene har forskjellig karakter. Den visuelle opplevelsen av et mønster og strukturen i en overflate er i høy grad avhengig av avstanden man ser flaten fra. Øyet oppfatter flaten som helhetlig, det vil si innenfor flatens fysiske begrensninger. Synsfeltet kan også være begrenset til den delen av flaten som man visuelt oppfatter på «en armlengdes avstand». Forskjellige avstander tar inn ulike deler av helheten, som igjen gir ulike visuelle opplevelser.

En betongoverflate viser sjelden alle uttrykksformer samtidig. En egenskap som likevel ikke oppleves adskilt fra andre, er overflatestrukturen. Variasjoner i en overflatestruktur kan på enkelte avstander oppfattes som bare en gråtone. Om den er variert eller ikke, avhenger av avstanden. På meget stor avstand kan også flater med mønstre oppfattes som om de bare har en gråtone eller en kulør.

En uttrykksform kan være et resultat av at ubevisste mønstre har oppstått som variasjoner i overflatens struktur eller gråtone. Uttrykksformene kan ha uendelig mange varianter, og variasjoner kan enten være tilsiktet eller utilsiktet. En utilsiktet variasjon kalles et avvik hvis den faller utenfor på forhånd bestemte kvalitetsgrenser. Avviket vurderes da i forhold til en sammenlignbar referanseflate.

Det kan ofte være svært usikkert hvilken kategori variasjonen tilhører, for i dag (2011) finnes det ikke målbare kravspesifikasjoner i Norsk Standard. For eksempel kan en rustikk flate være et planlagt valg i én sammenheng, men i et annet tilfelle kan den samme overflatekvaliteten oppfattes som helt feil, det vil si forskjellig fra hva som er forventet.

Estetikk og teknikk

Betong er et konstruksjonsmateriale som på den ene siden skal tilfredsstillende tekniske krav og på den andre siden estetiske krav, og begge deler innenfor gitte økonomiske rammer. Sjelden eller aldri vil det dreie seg om kun det ene eller det andre, det vil alltid være aktuelt med en kombinasjon av begge krav. Vi snakker om flatens funksjonelle kvalitet. En ren teknisk løsning kan ofte oppfattes som at den også har en estetisk dimensjon, mens en rent estetisk løsning kan medføre nødvendige dimensjonsøkninger for å opprettholde overflatens bestandighet.

Overflatekrav

Når ingen spesielle krav stilles til en betongoverflate, skal den utføres med en kvalitet som tilsvarer Norsk Standards krav til produksjon og utførelse. Flatene utføres etter utførelsesstandardens krav og retningslinjer og etter spesielle beskrivelser gitt i kontrakt. Et prosjekt av denne typen kan betegnes som *normalprosjekt*. Om et prosjekt



har spesielle krav til overflatene, kan det betegnes som et *spesialprosjekt*. Det innebærer at prosjektet stiller krav til tilpasning både når det gjelder materialer og metoder. Les mer om dette i kapittel 6.

Betongens visuelle uttrykk

Begrepet *helhet* tilsvarer en del av et byggverk, for eksempel en fasade eller en vegg, begge med funksjonelt eller bare visuelt oppfattbare ytre begrensninger. Helheten kan også være et volum, uten klare oppfattbare grenser, eller være redusert gjennom utsparinger, hull, åpninger eller andre typer uregelmessigheter. Den kan også utgjøre en krum eller rund flate.

Ved *plaststøpte* konstruksjoner kan en helhet være konkretisert til en synlig begrenset enhet gjennom forskaling og støping eller på annen måte gjennom betongens tilpasning til gjeldende utforming, for eksempel sprøyting. Helheten er gjennom sine ytre mål begrenset av kanter, det vil si inn- og utgående hjørner som formidler overgangen til andre enheter som peler eller bjelker.

Ved anlegg med bærende konstruksjoner kan helheten oppfattes som deler uten tydelige definerte grenser.

Ved *prefabrikkering* anses helhet som en sammenstilling av fasadelementer eller en annen type vegg eller undersiden av en horisontal, funksjonell enhet, vanligvis et bjelkelag. Enhetene er visuelt avgrenset til de ytre målene som er bestemt av deres funksjon i konstruksjonen eller av og til bare av estetiske grunner.

En estetisk betraktning av helheten har sammenheng med begrepet proporsjoner og flatens estetiske inndeling. Det handler hovedsakelig om mønster, men også de andre uttrykksformene kan påvirkes. Hvordan man opplever proporsjonene i en flate, kan derfor påvirkes av retningen på et mønster i forhold til helhetens avgrensninger (ytterkanter).

Overflatemønster

Mønsteret i en betongoverflate finnes i fire varianter inndelt etter måten de er dannet på:

- Forskalingsmønster, resultat av et valgt forskalingssystem og påvirket av forskalingens konstruksjon og overflate.
- Konstruktivt mønster, resultat av tekniske krav og konstruksjonenes dimensjoner.
- Påført mønster, resultat av etterbehandling av utstøpt flate med verktøy.
- Utsiktet mønster, resultat av utilsiktede variasjoner i overflatestruktur, gråtone eller farge.

Et *forskalingsmønster* i en betongflate avhenger av formmaterialet. Et forskalingsmønster med linjer dannes av skjøtene mellom formplater og forskalingsbord. Mønsteret i en bordforsalet flate varierer avhengig av om materialene er uhøvlet eller høvlet eller består av pløyde bord.

Den mest brukte typen forskaling i dag er finerplater (plywood). Disse kan være plastbelagt eller ubehandlet. I en forskaling av ubehandlede kryssfinerplater får man avtrykk av årringene i finerplaten, noe som gir uforutsigbare effekter. Dette kan oppleves som både positivt og negativt. Skjøtene mellom forskalingsplatene gir også et mønster. Disse mønsterlinjene kan fremheves ved at man for eksempel utvider skjøtene mellom platene eller legger inn lister. Ved prefabrikkering kan denne typen skjøter oversparkles og gjøres nærmest usynlige.





Utsiktede uregelmessigheter av typen sprang, grader og spor, det vil si avvik, kan forekomme, men er mindre vanlig ved bruk av moderne forskalingsteknikk fordi overflaten vanligvis består av plater. De kan likevel oppstå som et resultat av feil i formens konstruksjon, av målavvik eller av skader i formene.

Konstruktivt mønster fremkommer for eksempel fra fugene mellom prefabrikkerte elementer. Dette linjemønsteret får man oftest som et resultat av søyleavstanden eller størrelsen på elementet og bidrar også til bygningens arkitektoniske karakter.

Punktformet mønster finner vi i plasstøpte veggkonstruksjoner. Her vil man som regel alltid ha mønster etter formstaghull og konuser, altså kone hull etter stagene som i støpeprosessen holder forskalingsformen sammen. Staghull kan være ubehandlet eller gjenpusset eller tettet med plastpropper eller andre dekorelementer.

Påført mønster er et tilsiktet mønster formet av linjer eller kontraster i flaten gjennom forskjellige overflatebehandlinger. Dette oppnås gjennom bearbeiding av en fersk overflate eller ved etterbearbeiding av en herdet overflate.

Utsikket mønster er ikke planlagte variasjoner i overflatestrukturen, gråtone eller farge, det vil si avvik i overflaten som gir et uforutsett mønster. Det vanligste er variasjoner i gråtonen og porestrukturen.

En estetisk vurdering av et mønster er avhengig av mønsterdetaljenes størrelse i forhold til betrakningsavstanden. Avgjørende er hvordan mønsteret skal oppfattes på den vanligste avstanden, og på hvilken avstand mønsteret endres til å oppfattes som en overflatestruktur.

Som oftest sammenfaller det visuelt opplevde mønsteret med det konstruktive mønsteret, for eksempel i mønsteret som dannes av elementinndelingene i et betongelementbygg.

Overflatestruktur

Med begrepet overflatestruktur menes den tredimensjonale overflaten. Alle betongflater har en struktur, fra den støpte overflaten som kan oppfattes som helt jevn, til en flate som er svært grovkornet. En ekstremt jevn flate kan ha en blankhet eller glans slik at flaten reflekterer lys. Glansen kan forsterkes ved sliping og polering og eventuelt ved påføring av et belegg på flaten. Med en slik behandling er overflatestrukturen nærmest å betrakte som ikke-eksisterende.

Overflatestrukturen er gjerne en konsekvens av

- forskalingens overflatemateriale og strukturen den har
- støpemetode
- bearbeiding av en fersk overflate
- etterarbeid av en herdet overflate
- frilegging av tilslaget i overflaten

Porer i betongoverflaten er en vanlig utfordring både i plasstøpte og prefabrikkerte konstruksjoner. Mens porer i mindre grad fremkommer i bordforskalt overflater, er de derimot vanligere ved bruk av tette former som ikke tillater at luftporer absorberes i forskalingen. Store porer kan medføre et konstruktivt problem gjennom frostsprengning, karbonatisering og klorinntrengning og på den måten forårsake at armeringens overdekning reduseres, noe som igjen påvirker betongens bestandighet. Små porer utgjør sjelden noe problem. De kan til og med gjøre den visuelle opplevelsen av flaten rikere. Variasjoner av overflatestrukturer kan også beskrives med jevnhet eller ujevnhet. Det samme gjelder gråtone og farge.

Avvik fra en «perfekt» flate, det vil si en flate med topper og porer, behøver ikke innebære at flaten er feil. Ujevnheter i flaten som har





større dybde enn de tillatte i forhold til Norsk Standard (NS-EN 13670 NA), kan i enkelte tilfeller også betraktes som en estetisk forbedring når det gjelder flater som ikke skal sparkles eller males. Variasjoner i overflatestruktur som ikke bare beror på forskalingen, men også til en stor del på selve støpearbeidet, kan være tilsiktet eller utilsiktet. Dette kan innebære en vanskelig grensesetting mellom en estetisk positiv eller negativ opplevelse av overflatene.

Tekstur

Med begrepet tekstur menes den visuelle opplevelsen av en overflatestruktur eller et mønster. Begrepene struktur og tekstur forveksles ofte.

En betongflate har alltid en struktur selv om flaten er helt slett. Om den overhodet har en tekstur, er avhengig av forholdet mellom overflatestruktur og betrakningsavstand.

Den tredimensjonale overflatestrukturen er fra et visuelt synspunkt oppbygd av et *formelement*, de minste oppfattede delene i en overflatestruktur som på en bestemt avstand går over til å oppfattes som tekstur. Teksturen varierer med betrakningsavstanden. Opplevelsen av flaten vil variere fra at overflatedetaljene oppfattes, til en opplevelse av «sammensmelting» av detaljene som resulterer i en variert og levende flate.



Gråtoner

Gråtone er den mest karakteristiske og samtidig den mest kontroversielle egenskapen hos betong. Den er en konsekvens av de enkelte materialtyper og produksjonsmetoder. Svartheten til en betongflate kan måles med en lysmåler eller fra en standardisert gråtoneskala i henhold til SIS 812003. I denne skalaen inngår gråtoner med en svak gultone til tross for at betongen er upigmentert.

En naturlig sementgrå betongflate vil variere alt etter om den er

- prefabrikkert mot formsider
- plasstøpt mot formsider
- bearbeidet toppflate

I tillegg vil gråtonen variere avhengig av sementtype, tilsetningsstoffer og -materialer og produksjonssted.

Også den betongflaten som oppleves som mest jevn og ensartet, har variasjoner av svarthet og farge. Variasjonen utgjør derfor en vesentlig del av betongens karakter. En overflate støpt mot forskaling gir likevel oftere uønskede visuelle variasjoner enn toppflater.

En betongflates gråtone påvirkes ikke bare av forskalingsmaterialet, sementtypen og i en viss grad tilslagsmaterialet, men også av måten den er håndtert på, både i våt og tørr tilstand. Hvordan for eksempel et betongelement lagres på, er også avgjørende. Gråtonen varierer i vesentlig grad avhengig av om overflaten er tørr eller våt, men også på grunn av ulik luftfuktighet. Sammenligninger av gråtoner må derfor gjøres i tørre omgivelser. Dette er et spesielt problem når vi skal vurdere resultatet av nystøpte flater. Fordi man ikke kan vente med vurderingen til betongen har herdet ferdig, er det viktig at man vet hvordan gråtonen forandrer seg i takt med herdingen.

Spennvidden av gråtoner kan utvides fra størst mulig hvithet ved å kombinere hvit sement og titandioksid med finstoff av hvit marmor til største svarthet gjennom finstoff av svart granitt eller magnetitt kombinert med svart pigment.







Det finnes mange varianter i forholdet mellom forventning og resultat:

- at gråtonen ikke er som forventet
- at variasjonene er for store
- at variasjonene gir et estetisk bidrag

For store variasjoner kan ofte henføres til feil gjennomføring eller etter en tid være et resultat av luftforurensning, noe som i beste fall kan oppleves som patina.

Gråtonen påvirkes også av kalkutslag. Dette er en uønsket utfelling som ofte oppfattes som et belegg. Les mer om det i kapittel 7.

Måling av gråtonen

Systemet for måling av gråtone i prosent av svarthet eller hvithet finnes i flere varianter. Det finnes for eksempel spesielle digitale lysmålere eller man kan benytte den enkle NCS-lyshetsmåleren vist nedenfor.

Det viser seg at selv om teoretisk helt svart er 100 % svarthetsgrad, er det i praksis ikke mulig å oppnå høyere svarthetsgrad enn 80–85 %. Tilsvarende for hvitt er maksimal oppnåelig hvithetsgrad 95 %.

Gråtonens estetiske karakter

Spørsmål om kvalitet berører som oftest variasjoner i gråtonen og omfanget av variasjonene. Det er vesentlig hvor stor man anser at variasjonen bør, kan eller får være i det aktuelle tilfellet. Jo større forskjeller man ønsker eller aksepterer, desto viktigere er variasjonenes fordeling over flaten. En sammenligning mellom forventning og resultat kan defineres som begreper av gråtone og gråtonens variasjoner.

En ønsket kvalitet på en betongoverflate kan sammenlignes med valg av en natursteinoverflate. Det er lite trolig at man ved valg av gråtone og farge skulle foretrekke en flate uten variasjoner. Valget ville sannsynligvis bli stein med en levende overflate, med variasjon både med hensyn til farge og mønster. Forskjellen ligger i at en steinflate er noe man i forveien kan se prøver på. Slike prøver er tilgjengelige, og stein er et materiale med variasjoner innenfor forutsigbare grenser. Man formulerer derfor sjelden krav til eksakt fargetone.

I håpet om en pen betongflate burde man også kunne ha en forestilling om en variasjon i flaten. Det som skiller materialet stein og betong, er at betong gir en større usikkerhet om hva det endelige resultatet kommer til å bli. Denne usikkerheten ved prosjekteringen må kombineres med en sjenerøs holdning til «det levende materialet betong».

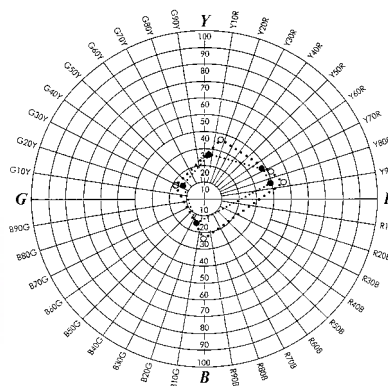
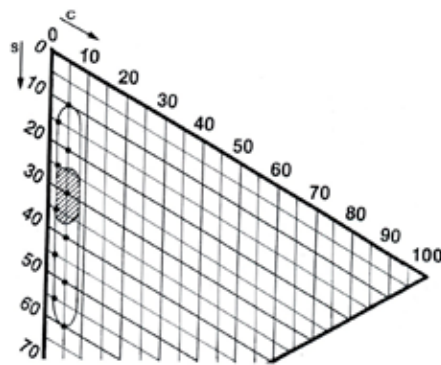
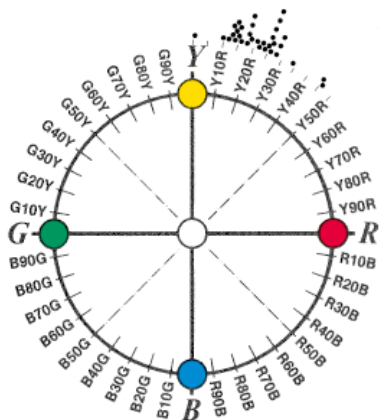
Likvel må det være mulig å sette grenser for rimelige variasjoner. De kan være store eller små. Forskjeller fordelt på små flateenheter





gir en mer levende flate sammenlignet med en større flate med forskjellige gråtoner. Forskjellene oppleves mer negativt om de opptrer i form av tydelige mønstre i motsetning til jevnt fordelte fargeforskjeller (melerte flater).

I en betongelementfasade ønsker man ikke hele elementer med forskjellige gråtoner ved siden av hverandre. Derfor kan det stilles krav om at forskjellen i svarthet mellom to elementer skal være mindre enn forskjellen innenfor et enkelt element. Erfaringsmessig kan en regel være at «middelsvartheten» mellom elementer bør være halvparten så stor som de mindre forskjellene innenfor ett og samme element.



Farge

En betongflates farge påvirkes av sementtype, tilslagets finstoff, pigment og i en viss grad tilsetningsstoffer. Når det gjelder frilagte overflater, bestemmes flatens farge av fargene på tilslagsmaterialene, men først på en viss avstand der flaten oppleves mer som en tekstur enn som en overflatestruktur.

Pigmenter i kombinasjon med hvit sement gir de klareste fargene. Fargen på en betongflate uttrykkes gjennom fargen, svarthet og metning. Svarthet og metning kan sammenfattes i begrepet nyanse.

Upigmentert betong

Av NCS-triangelen til høyre fremgår spennvidden innenfor nyanser. Svartheten ligger normalt mellom 25 og 35 %. Med hvit sement og/eller knust marmor som tilslag kan svartheten presses ned til 10 %. Betongflater med grovere struktur støpt i form med sugende flater eller med frilegging av svart tilslag kan gi betydelig mørkere kulører, opp til 80-90 % svarthet. Kulørtheten ligger omkring 5 % med finmaterialet i noen typer tilslag opp til 9 %.

I fargesirkelen vises kulører på en betongoverflate med tradisjonelle sementtyper og tilslag. Normalt ligger kuløren mellom Y10R og Y30R, det vil si i den gulrøde delen av fargesirkelen.

Pigmentert betong

I fargesirkelen fremgår mulige kulørtoner ved optimal bruk av uorganiske pigmenter i betongen. Pigmentene er gule, røde og svarte jernoksider og grønt kromoksid. Koboltblått kan også benyttes, men dette pigmentet koster rundt 20 ganger mer enn jernoksidpigmentene og er sjelden aktuelt. Pigmentene er lysekte og fargeekte.