

NOTAT

OPPDRAG	Ocean Space Centre	DOKUMENTKODE	10216159-01-RIMAT-NOT-001
EMNE	Materialteknologi	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	Statsbygg	OPPDRAGSLEDER	Svein Nielsen
KONTAKTPERSON	Kjersti Skjelle Paulsen	SAKSBEHANDLER	Camilla Wollan Mellesdal, André Schmidt
KOPI		ANSVARLIG ENHET	Multiconsult ASA

SAMMENDRAG

Tidlig fokus på betong- og materialteknologi kan bidra til bedre byggbarhet og bærekraftige valg i gjennomføringen av prosjektet Ocean Space Centre. Notatet tar for seg hvordan materialvalgene kan påvirke bestandighet og klimagassutslipp i prosjektet. Fagrapport utarbeidet av Nordic Infra AS (NIAS), eksperter på anleggsgjennomføring og forskalingssystemer har blitt konferert. I samråd med NIAS er det anbefalt at betongen i Havbassenget utføres med selvkomprimerende betong (SKB) for å sikre at de strenge toleransekravene for konstruksjonsdelene skal kunne opprettholdes. Ved å benytte SKB vil man få et forutsigbart støpetrykk mot forskaling.

I dette stadiet av prosjektet er betongteknologi ikke vært premissgivende, men har vært koordinert med NIAS i forhold til løsninger og tilgjengelighet gjennom felles møter og korrespondanse. Fagrapporten til NIAS tar for seg støperekkefølge og støpehastighet i Havbassenget, som kan inkluderes i en spenningsanalyse som anbefales utført når aktuell betong og resept er valgt. Hvis spenningsanalysen viser at det bør benyttes lavvarmebetong vil dette også kunne ha en positiv effekt i form av reduserte klimagassutslipp, da tiltakene for å dokumentere både lavvarmebetong og lavkarbonbetong ofte er de samme.

På generell basis vil det kunne stilles krav til betong i lavkarbonklasse A i mange konstruksjonsdeler i prosjektet, men det må tas hensyn til at dette kan påvirke fremdriften i form av noe senere rivning av forskaling. Dette kan kompenseres for ved bruk av akselerator som igjen kan påvirke kostnadene pr m³.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	18.12.2020	Forprosjekt endelig dokument	ANDRES, CWM	TEK/SN	SN
00	30.11.2020	For informasjon	ANDRES, CWM	TEK/SN	SN

Innholdsfortegnelse

1	Hvordan materialteknologi kan bidra til bedre byggbarhet og bærekraftige valg.....	3
2	Samarbeid på tvers	3
3	Betongteknologi	3
3.1	Eksponeeringsklasser	4
3.2	Lavkarbonbetong og klimagassutslipp	4
3.3	Fastholdingsriss som følge av betongens herdetemperatur	4
3.4	Spenningsanalyse.....	6
3.4.1	Herdebetingelser.....	7
3.4.2	Rissindeks Referansebetong	7
3.4.3	Rissindeks lavvarmebetong.....	8
3.5	Vintertiltak.....	8
3.6	Armeringskorrosjon, riss og bestandighet.....	8
3.7	Farge.....	9
3.8	Betongleverandører	10
4	Materialteknologi	10
4.1	Materialvalg og korrosjonsforhindrende tiltak.....	10
4.2	Bestendig overflatebehandling av stålkonstruksjoner	10
4.2.1	Spesifikasjon for overflatebehandling og korrosjonsbeskyttelse.....	10
4.2.2	FDV- dokumentasjon	10
4.2.3	Kostnadsdrivende faktorer knyttet til overflatebehandling og levetid	11
4.2.4	Varmgalvanisering.....	12
4.3	Galvanisk korrosjon.....	12
4.4	Innstøpningsgods i tilknytning til bassengene.....	13
5	Referanser	14

1 Hvordan materialteknologi kan bidra til bedre byggbarhet og bærekraftige valg

Dette dokumentet beskriver hvordan tidlig fokus på betong- og materialteknologi kan bidra til bedre byggbarhet og bærekraftige valg i gjennomføringen av prosjektet Ocean Space Centre (OSC).

2 Samarbeid på tvers

I komplekse prosjekter som OCS vil ulike fag (konstruksjon, mekanisk, ventilasjon, piping, prosess osv.) prosjektere sine deler av utstyret og konstruksjonen knyttet til prosjektet. De ulike fagene har ofte dybdeerfaringer knyttet til hva som er viktige parametere knyttet til sitt produkt, men erfaringer viser at de ikke nødvendigvis har et helhetsperspektiv knyttet mot levetiden for materialene som benyttes. Dette kan føre til feilprosjektering knyttet til materialkvalitet og/eller overflatebehandling, som igjen påvirker byggefasen i form av uønskede kostnader, endringsmeldinger og forsinkelser. Et eksempel kan være at man har fokus på å velge rett ventil, men ingen har fokus på at de ulike komponentene i ventilen er bestandige i miljøet de skal stå, eller at malingsystemet som skal beskytte mot ytre korrosjon ikke er godt nok. Resultatet kan da være at ventilen leveres i standard materiale med et malingsbelegg leverandøren velger. Disse parameterne er da ikke nødvendigvis optimalisert med en materialkvalitet eller overflatebehandling som gir ønsket levetid.

Fra prosjektets side er det derfor anbefalt at å inkludere betong- og materialfagene slik at de kan ivareta et overordnet fokus på følgende parametere:

- Korrosjonsmotstand
- Motstand mot mekaniske skader
- Materialkost
- Fabrikasjon- og installasjonskostnader
- Vedlikehold
- Leveranseoppfølging

Erfaringer knyttet til leveranser av elektroutstyr til tunneler i Norge viser at oppfølging av leverandørene over en 3 års periode reduserte mengde feilleveranse fra 37 % til 12 %. Å følge opp de ulike leverandørene og sikre at de leverer bestilt kvalitet vil bidra til bedre et bærekraftig bygg og større forutsigbarhet i driftsfase.

3 Betongteknologi

Generelt vil betongen i prosjektet Ocean Space Center ikke være utsatt for frost og det er derfor ikke behov for MF-betong, hvor «F» refererer til frostsikker betong. Byggetiden vil være på ett til to år og konstruksjonsdeler som vil bli utsatt for frost må utføres med MF-betong. Videre presiserer NS EN 206, NA.5.5.3 [1] at betonger med masseforhold under 0,50 er å anse som sikret mot vanninntrenging. Dette dikterer at betongen vil få bestandighetsklasse M45. Siden det på nåværende tidspunkt ikke er bestemt leverandør og resept, vil kapitlene under ta for seg på generell basis hva man kan forvente av muligheter og egenskaper i det aktuelle området.

For bassengene vil betongen havne i eksponeringsklasse XD2 og XD3, disse stiller krav til bestandighetsklasse M40 i henhold til NS EN 1992 + NA [2].

Det stilles særdeles strenge krav til toleranser i bassengene og analyser fra RIB viser at det er nødvendig med betong med høy E-modul. Fra NS EN 1992 + NA stilles det krav til E-modul for B45 lik 36GPa. Dette må kunne dokumenteres fra betongleverandør.

3.1 Eksponeringsklasser

I området Tyholt ligger, består berggrunnen av flere bergarter som potensielt kan være syredannende, se 10216159-RIG-NOT-001 [3]. NS-EN 206 + NA [1] har egne krav til bindemiddelsammensetningen for betonger som havner i sulfatholdig miljø XS2 og XS3. RIG notatet foreslår program for supplerende grunnundersøkelser som vil avdekke dette.

Sulfatmotstandsklassene er SuR1 og SuR2 som setter krav til silikastøv i prosent av bindemiddel, Tabell NA.13 i NS EN 206. Analyser av grunnvannet viser at pH-nivået og innholdet av sulfat er under grenseverdiene for sulfatmotstandsklassene [4].

Det vil bli tilsatt klor i vannet i bassengene, noe som vil medføre at konstruksjonsdelene vil befinne seg i eksponeringsklasse XD. Disse eksponeringsklassene er for klorider som ikke stammer fra sjøvann. Det kan være hensiktsmessig å differensiere mellom de forskjellige XD klassene, da kravene er forskjellige for de delene som er permanent neddykket og de som befinner seg i typisk skvalpesone. Dette kan eksempelvis gjøres ved å støpe det siste etappen på veggene med en strengere eksponeringsklasse.

3.2 Lavkarbonbetong og klimagassutslipp

Det er ønskelig at miljøbelastningen fra prosjektet i størst mulig grad reduseres. Spesifikke miljøkrav kan settes til plasstøpt betong.

Lavkarbonbetong defineres som betong der det er gjort tiltak for å begrense klimagassutslippet [5]. Det er hovedsakelig sementen som bidrar til betongens høye klimagassutslipp. I Norge reduseres klimagassutslippet ofte ved å erstatte deler av sementen med pozzolaner (silikastøv og flygeaske) eller latent hydrauliske bindemidler (slagg). Norsk Betongforening publikasjon nr. 37 definerer de forskjellige lavkarbonklassene. Lavkarbonklasse Pluss og Ekstrem er nylig lagt til som nye klasser.

Lavkarbon Pluss og Lavkarbon Ekstrem krever bruk av spesielle bindemiddelsammensetninger som ikke kan forventes å være allment tilgjengelige, og som har flere begrensninger i standardverket. Valg av evt. lavkarbonklasse må ses i sammenheng med hva som kan leveres i Trondheim fra betongprodusentene. Ved å benytte Lavkarbon Pluss og Lavkarbon Ekstrem er man avhengig av at det er god kontroll på herdetid. Disse typene betong kan føre til at herdeprosessen trenger 1 dag ekstra før forskaling kan fjernes. Ved kaldere temperaturer må dette også hensyntas, men kan kompenseres for ved å benytte akseleratorer for å få i gang herdeprosessen som er svært avhengig av temperatur.

Mye av betongen i prosjektet må pumpes over lengre avstander. I samråd med eksperter i anleggsgjennomføring og forskalingssystemer er det anbefalt å benytte selvkomprimerende betong (SKB). Ved å benytte SKB vil man kunne få bedre overflater og også ha bedre kontroll på støpetrykk mot forskaling, i tillegg til at det forbedrer pumpeegenskaper.

Flygeaske har generelt en noe mørkere farge enn sement og vil potensielt kunne forårsake en mørkere betong, dette er nærmere omtalt i kapittel 3.7.

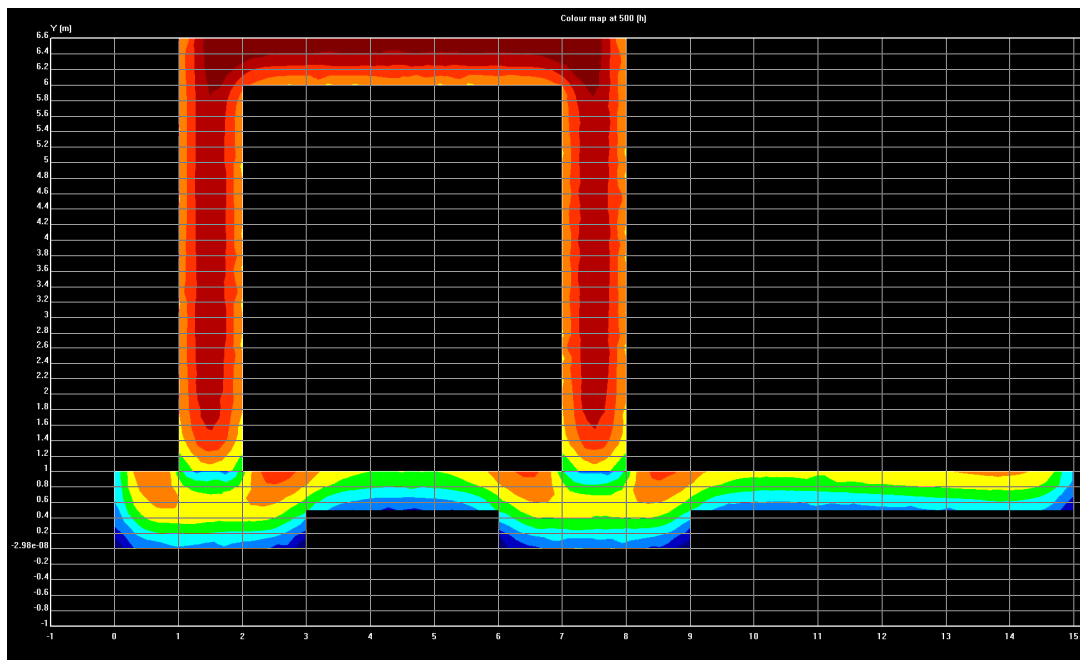
3.3 Fastholdingsriss som følge av betongens herdetemperatur

I flere av konstruksjonsdelene som skal støpes ved Ocean Space Centre er det mange såkalte massive tverrsnitt. Blir disse støpt ut uten å gjøre tiltak mot gjennomgående fastholdingsriss som følge av herdetemperatur, vil dette kunne få store følger for bestandigheten til bassengene. Lekkasje i betongkonstruksjoner som følge av fastholdingsriss vil være svært vanskelig å lokalisere og utbedre, ref. svømmebassenger bygd de senere årene som har resultert i tømning flere ganger.

Typiske tiltak man ofte gjør i massive tverrsnitt utsatt for fastholding fra andre konstruksjonsdeler, er å senke temperaturen på betongen som blir levert, støpe inn kjølerør og benytte lavvarmebetong. Lavvarmebetong oppnås ved å benytte de samme virkemidlene som ved

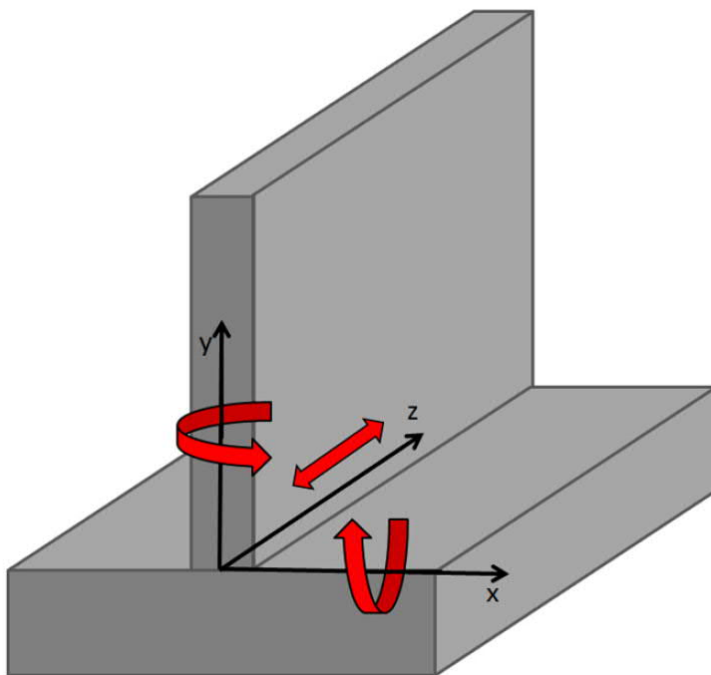
lavkarbonbetong, nemlig å bytte ut deler av sementen med andre tilsetningsmaterialer som ikke utvikler like mye varme.

For å evaluere nødvendige tiltak er det mulig å utføre spenningsanalyser med CrackTeSt COIN som simulerer herdeprosessen basert på valgte tiltak og temperaturer.



Figur 1 Typisk analyse av et tverrsnitt som viser rissindeks for betong.

For fastholdingsgrader må man se på støperekkefølge og mulig fastholding. Det er naturlig å se på det verste tilfellet som gir mest fastholding. I dette prosjektet vil den siste av støpeseksjonene gi mest fastholding, ved at betongen blir fastholdt i bunnplate og to foregående seksjoner. Fra en rapport [6] utarbeidet i sammenheng med prosjektet DaCS (Durable Advanced Concrete Solutions), fremkommer det at typiske verdier for fastholding bør ligge rundt 0,25 for x-, y- og z-aksen ved vegg støpt mot bunnplate og fastholdt mot én foregående støpetappe. Fastholding mot rotasjon om x- og y-aksen, og fastholding mot translasjon i z-retning er illustrert i Figur 2.



Figur 2 Fastholding mot rotasjon om x- og y-aksen og fastholding mot translasjon i z-retning [7].

I samråd med eksperter på anleggsgjennomføring vil det bli naturlig å enes om støpehastighet, støperekkefølge og støpeseksjoner. En mulighet kan være å benytte kjølerør i veggene for å få ned herdetemperaturen. Dette er derimot et svært fordyrende tiltak som må overveies nøye før det tas i bruk.

3.4 Spenningsanalyse

Det er utført en overordnet spenningsanalyse, basert på materialbiblioteket i CrackTeSt COIN, samt antatte forutsetninger om temperaturer rundt støpetidspunkt og øvrige forutsetninger som har blitt diskutert med eksperter på anleggsgjennomføring. Materialbiblioteket i CrackTeSt COIN inneholder tradisjonell konstruksjonsbetong og en lavvarmebetong med tilsatt flygeaske, og egenskapene deres er beskrevet i hhv. Tabell 1 og 2. Begge betongene har et masseforhold på 0,40.

Tabell 1 Tradisjonell konstruksjonsbetong: Norcem Anlegg FA, 20% flygeaske.

Egenskap	Verdi
Norcem Anlegg FA	384 kg/m ³
Flygeaske tilsatt	0
Silika	18 kg/m ³
Densitet	2385 kg/m ³
Strekkfasthet	3,55 MPa
Trykkfasthet (sylinder)	71,2 MPa
E-modul	30,4 GPa

Materialteknologi

Tabell 2 Lavvarmebetong: Norcem Anlegg FA + FA, 36% flygeaske.

Egenskap	Verdi
Norcem Anlegg FA	286 kg/m ³
Flygeaske tilsatt	71 kg/m ³
Silika	18 kg/m ³
Densitet	2344 kg/m ³
Strekfasthet	3,05 MPa
Trykkfasthet (sylinder)	54 MPa
E-modul	29,9 GPa

3.4.1 Herdebetingelser

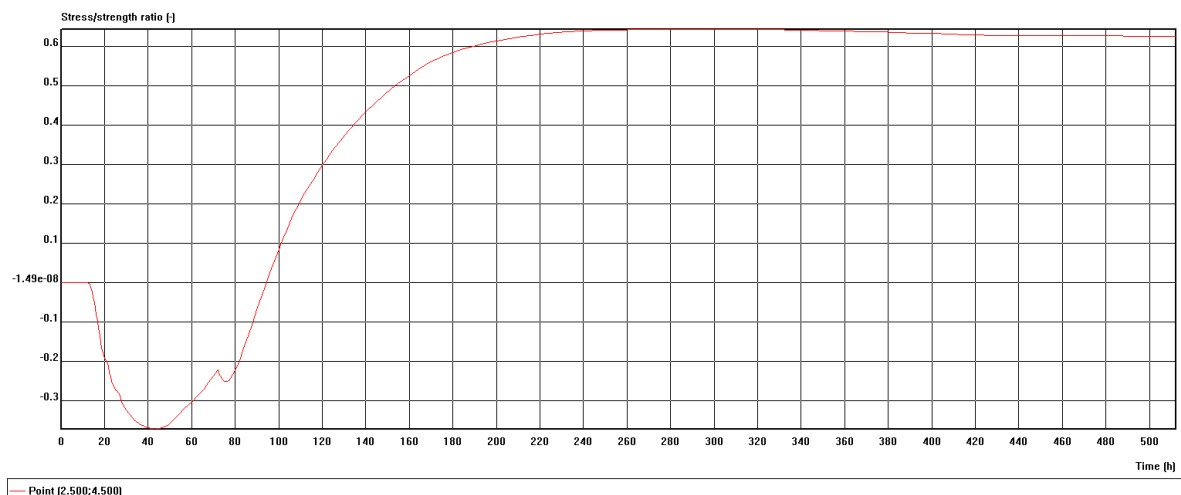
Herdebetingelsene for spenningsanalysen er vist i Tabell 3.

Tabell 3: Herdebetingelser for spenningsanalysen utført i CrackTeSt COIN.

Betingelse	Verdi
Forskaling 72t	20 mm finér
Omgivelsestemp	15 °C
Betongtemp	15 °C
Bunnplatetemp	15 °C
Vind	2,0 m/s
Fastholdingsgrad:	
X	0,30
Y	0,30
Z	0,30

3.4.2 Rissindeks Referansebetong

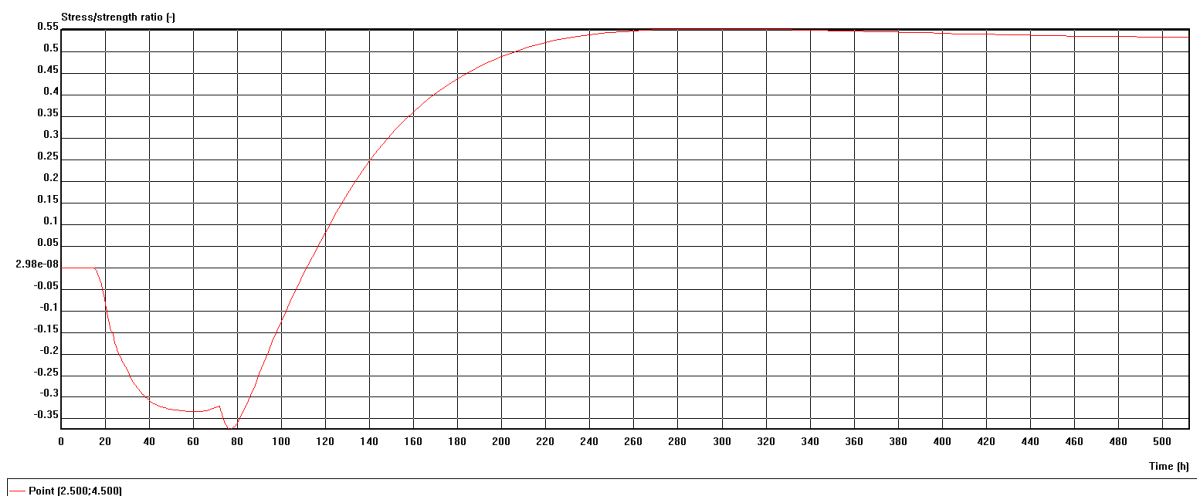
Rissindeks for referansebetong er beregnet med CrackTeSt COIN, og resultatet er vist i Figur 3. Rissindeksen gir forholdet mellom største opptredende strekkspenning og betongens enaksiale strekkfasthet. Er rissindeksen høyere enn 1 er strekkkapasiteten i betongen fullt utnyttet. SVVs Håndbok R762 Prosesskode 2 [8] spesifiserer at rissindeksen ikke på noe tidspunkt skal overstige 0,75.



Figur 3: Rissindeks beregnet med CrackTeSt COIN for referansebetong (Tradisjonell konstruksjonsbetong: Norcem Anlegg FA, 20% flygeaske).

3.4.3 Rissindeks lavvarmebetong

Utvikling av rissindeks for lavvarmebetong er vist i Figur 4. Resultatene viser at rissindeksen med lavvarmebetong er ca 15 % lavere enn for referansebetongen, som gir en mindre sannsynlighet for rissdannelse med lavvarmebetongen.



Figur 4: Rissindeks beregnet med CrackTeSt COIN for lavvarmebetong (Lavvarmebetong: Norcem Anlegg FA + FA, 36% flygeaske).

3.5 Vintertiltak

Ved støp på vinterstid er det noen utfordringer ved å benytte både lavvarme og lavkarbonbetong. De vil ha en noe senere avbindingstid som kan øke ytterligere ved lave temperaturer. Senere avbindingstid og herdetid kan kompenseres ved å tilsette akselerator. Videre vil det i vinterhalvåret kunne være nødvendig å sørge for at betongen ikke blir utsatt for frost før betongen har oppnådd 5MPa i henhold til NS EN 13670 + NA [9]. Tiltak kan være å sørge for at betongen har tilstrekkelig temperatur ved støp og evt dekke til forskaling med ethafoam og vintermatter.

3.6 Armeringskorrosjon, riss og bestandighet

I samråd med ressurspersoner på både metaller og betong ønsker man å sikre at bestandigheten til bassengene blir som forventet. Valg av riktig armering, armeringskontinuitet i henhold til NS EN ISO

12696:2016, samt å muliggjøre katodisk beskyttelse vil bidra inn til lav rehabiliteringshyppighet og at konstruksjonene oppnår levetidsforutsetningene som legges til grunn.

Fra NS EN 13670 + NA [9] står det at herdetemperaturen ikke må overstige 70 °C, dette for å forhindre forsinket etringittdannelse. Etringittdannelse kan føre til sprengvirkninger inne i betongen, som videre fører til riss som dermed redusere overdekningen til armeringen. Analyser av dette kan inkluderes ved å benytte den samme programvaren omtalt i kapittel 3.4.

3.7 Farge

Det er uttrykt ønske fra byggherre om lys betong. Da dette kan være vanskelig å kvantifisere og oppnå er det vanlig å benytte seg av referanseprosjekter med ønsket farge. Norsk Betongforening Publikasjon nr. 9 – Betongoverflater [10], har flere referanseprosjekter med «lys betong».

- Hvit sement kan leveres for å få ønsket uttrykk. Det er verdt å merke seg at hvit sement inneholder betraktelig mer CO₂-utslipp pr tonn sement, noe som vil påvirke klimaregnskapet til prosjektet [11,12].
- Det er mulig å dosere titandioksid for å få et lysere preg. Ved høye doseringer kan dette slå ut som 1000-1500 kr/m³.
- Benytte lyst tilslag fra ikke stedlige masseforekomster. Dette vil igjen påvirke klimagassutslippene i form av økt transport til betongfabrikk.
- Overflatebehandling ved maling kan være et alternativ, hvor fargen normalt kan spesifiseres etter NCS-kode.

Erfaringer med lavkarbonbetong er at betongen kan bli mørkere på grunn av den mørkere fargen til flygeasken. Påvirkningen av dette er dog svært liten, og vil i større grad bli påvirket av forskaling og avformingstidspunkt.

Realfagbygget II

Gløshaugen – Trondheim

Ark.: Narud-Stokke-Wilig og HUS Arkitekter AS

Lys betong i innvendige vegger.

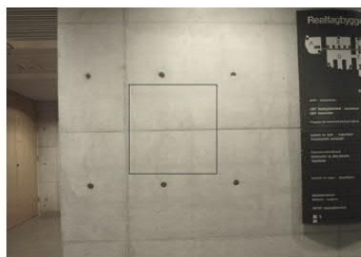
Utvendige vegger er i hvit og grå betong



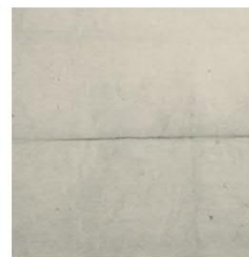
Foto: Tone Østnor



6 m avstand



3 m avstand



60 x 60 cm rute

Figur 5 Referansebygg omtalt i NB9 [10]

3.8 Betongleverandører

Leverandører med under 10 km transport:

- Unicon Fossegrenda
- Unicon Trondheim Havn
- Betong Øst Fagervika

4 Materialteknologi

4.1 Materialvalg og korrosjonsforhindrende tiltak

I hav- og sjøgangsbassenget må vannkvaliteten justeres med klorering for å forhindre groe. Klor / salter bidrar til økt korrosivitet og begrenser hvilke materialer som er egnet i f.eks. pumper, ventiler og annet utstyr som plasseres i bassenget eller i korrosive områder. Dersom dette ikke hensyntas, vil man få utfordringer med korrosjon og bestandighet, som er kostbart eller vanskelig å gjøre noe med i driftsfasen.

Heve- og senkegulvet i bassengene vil trolig bli utført i stål. Avhengig av hvordan dette blir designet, kan man se for seg at man som en hovedinndeling har to valg;

- a) Malt karbonstål som korrosjonsbeskyttes med korrosjonstillegg, overflatebehandling. Det bør evalueres om det er behov for katodisk beskyttelse i løpet av driftsfasen
- b) Høylegert stål. Siden temperaturen er lav og grad av klorering ligger lavt kan legeringer som 1.4404/AISI 316 (Syrefast stål) og LDX 2101 (lean duplex) være egnede materialer.

Å minimere de kostnadsdrivende faktorene knyttet til maling i alternativ a) beskrives nærmere i neste kapittel. Alternativ b) har høyere innkjøpskostnad, men dette vil ofte veies opp av lavere levetidskostnader grunnet færre avbrudd i drift / mindre vedlikehold.

Tilsvarende valg vil man også ha for komponenter som gangbruer, bølgegeneratorer, pumper, ventiler osv. lokalisert i tilknytning til hav- og sjøgangsbassenget. For overordnede stålkonstruksjoner i bygget vil faktorer beskrevet i neste kapittel påvirke byggefase og vedlikeholdsomfanget.

4.2 Bestandig overflatebehandling av stålkonstruksjoner

4.2.1 Spesifikasjon for overflatebehandling og korrosjonsbeskyttelse

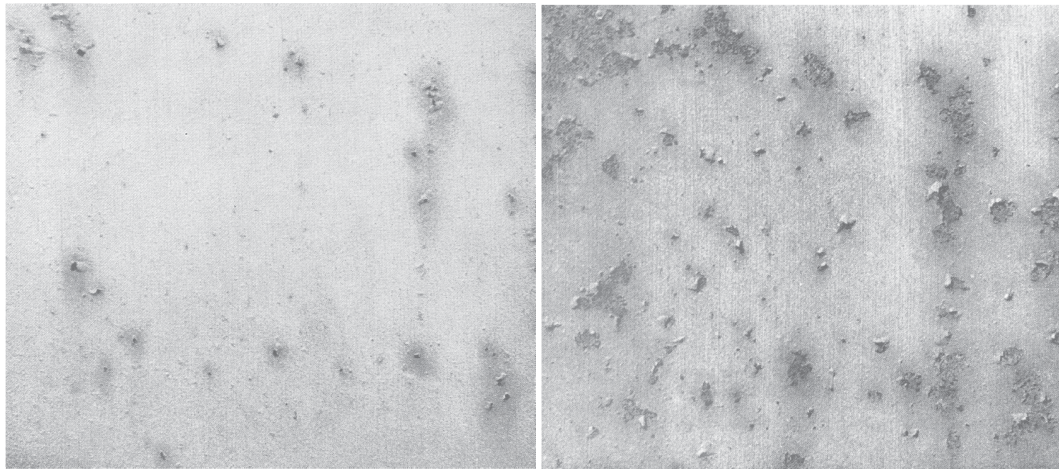
Det er ønskelig at overflatebehandlingen prosjekteres slik at det blir minimalt med vedlikehold i løpet av levetiden. For å skape en forutsigbar og oversiktlig vedlikeholdsplan for byggherre, er det viktig at det utarbeides en overordnet spesifikasjon for overflatebehandling og korrosjonsbeskyttelse tidlig i prosjektet. Denne spesifikasjonen skal sikre at det for leverandørleveranser og for detaljprosjekteringen gjøres gjennomtenkte valg for korrosjonsbeskyttelse [14, 17].

4.2.2 FDV- dokumentasjon

Malings-systemene som spesifiseres bør kunne forventes å beskytte stålet i 20 til 30 år før første vedlikeholdsperiode [14]. Det bør i tillegg til spesifikasjon for overflatebehandling og korrosjonsbeskyttelse utarbeides et Forvaltning, drift og vedlikeholds (FDV)-dokument. Dette skal inkludere når vedlikehold bør påbegynnes og hva som kan forventes for ulike konstruksjoner.

Generelt sett skal vedlikehold påbegynnes senest når malingen er degradert til Ri3 iht. ISO 4628-3 [15]. Dette tilsvarer at maksimalt 1 % av arealet er ødelagt, se Figur 6. Tidlig reparasjon av

overflatebehandling er ansett som kostnadseffektivt uavhengig av type overflatebehandling. Dersom mer enn 1 % av arealet er ødelagt må man re-etablere overflatebehandlingen totalt, som vist til høyre i Figur 6. Det er derfor fornuftig å gjøre flekkreparasjoner underveis for å hindre at overflaten blir for degradert.



Figur 6 Ri 3 og Ri4 iht. ISO 4628. Til venstre - 1 % av overflaten er degradert som følge av korrosjon, til høyre 8 % er degradert.

4.2.3 Kostnadsdrivende faktorer knyttet til overflatebehandling og levetid

Levetidsforventningene og kostnadene for å etablere Ocean Space Centre er høyde. Erfaring tilsier at følgende parameter er viktig i designfasen da de vil påvirke levetiden for overflatebehandlingen:

Initialt, for å oppnå bestandig korrosjonsbeskyttelse av konstruksjoner i tilknytning til hav- og sjøgangsbassenget, må det legges opp til et malingsvennlig design. Det betyr i praksis et design som drenerer bort vann, unngår vannfeller, færrest mulig skarpe kanter og hjørner, unngå smale gap mellom profiler som skal males slik at det er tilkomst både i byggefasen, men også i driftsfasen. For å sikre at disse elementene ivaretas bør det holdes et design review møte før man godkjenner designfasen [16].

Erfaring tilsier at det meldes om omfattende vedlikehold etter en relativt kort periode dersom man ikke tidlig har fokus på et overflatevennlig design. Dette skyldes typisk mangelfull forbehandling og/eller påføring relatert til [14,16, 17]:

- Avrunding av kappkanter
- Overflatenhet og -ruhet
- Klorider på overflaten
- Forhold under påføring (temperatur, duggpunkt og relativ fuktighet)
- Dårlig utført arbeid grunnet mangelfull kunnskap og erfaring, lite fokus på kvalitetskontroll i byggeperioden

Kravene relatert til parametere nevnt over er tidkrevende og kostnadsdrivende, men de representerer også nøkkelen til suksess i driftsfasen. Altså, før man velger utførende verksted for å gjøre stål og malingsarbeid må det sikres at det aktuelle firmaet har nødvendig erfaring og kompetanse.

Dette medfører underforstått at kostnadene knyttet til påføring av maling drives av parameter knyttet til forbehandling og påføring, ikke materialkostnaden.

Figur 7 viser undergurt på bærende takkonstruksjon i en svømmehall etter mange år i drift. Punktering av dampspærre, fuktig svømmehall og kaldt loft medførte kondensering og korrosjon av bærende konstruksjoner. Profilene er sammensatt på en måte som vanskeliggjør vedlikehold i driftsfasen, da det ikke er tilkomst i spalten mellom L-profilene. Skarpe kanter langs alle profilene

og i korrosjonsgropene medførte omfattende slipearbeid før maling. Eksemplet viser hvor viktig det er at selv konstruksjoner som ikke er i direkte tilknytning til bassengene også evalueres med hensyn til bestandighet mot korrosjon.



Figur 7 Undergurt på bærende takkonstruksjon.

4.2.4 Varmgalvanisering

Konstruksjoner som skal korrosjonsbeskyttelse med varmgalvanisering må prosjekteres slik at de oppfyller de ulike kravene for denne typen overflatebehandling [17, 18, 19]. Dette inkluderer bl.a. at det ikke kan være noen innestengte hulrom, at konstruksjonene må være enkle nok til at sinken flyter riktig gjennom konstruksjonen, samt at alle konstruksjoner planlegges med tilstrekkelig mengde dreneringshull for å sikre at varmgalvaniseringsprosessen gir ønsket korrosjonsbeskyttelse. Videre må det vurderes om det skal kombineres med tradisjonell overflatebehandling med maling, eller pulverlakkering.

Når det gjelder CO₂ regnskap, vil transportavstanden fra varmgalvaniseringsverksted til byggeplass påvirkes regnskapet. Det er derfor viktig at det i løpet av prosjekteringen gjøres en vurdering av størrelsen på konstruksjonene som eventuelt skal varmgalvaniseres da de ulike varmgalvaniseringsverkstedene har ulik størrelse på sinkbadene sine.

Byggbarheten påvirkes også dersom varmgalvanisering velges som korrosjonsbeskyttelse. Belegget medfører at konstruksjonene ikke er sveisbare. Dersom designet er godt gjennomtenkt vil det varmgalvanisering bidra til å forenkle byggeprosessen, da man for eksempel kanskje kan unngå maling på stedet og belegget tåler større mekaniske påkjenninger enn f.eks. organisk maling. Men, dersom byggbarheten og levetiden for konstruksjonen skal være som planlagt, ligger det en forutsetning om at alle hull som må være tilstede for at konstruksjonen skal være byggbar, må forbores før stålet sendes til varmgalvanisering, for å være korrosjonsbeskyttet. Reparasjon av skader i belegget som følge av hulltaking etter varmgalvanisering gir sjeldent et varig resultat, da man får problemer med skape kanter som er vanskelig å fjerne, som følge av hulltakingen.

Varmgalvanisering av kaldformede profiler må evalueres med hensyn på sprøbruddsproblematikk og om deformasjon av godset kan skape problemer for montering [17]

4.3 Galvanisk korrosjon

Galvanisk korrosjon oppstår når ulike metaller kobles sammen i en og samme elektrolytt. Hvilke metaller som vil bli katode/anode er oppgitt i den elektrokjemiske spenningsrekken, hvor metallene rangeres basert på potensialet i sjøvann. Korrosjonsangrepet vil påvirke det uedle metallet/anoden, og medføre lokalt angrep i nærheten av koblingspunktet.

Elektrolytten kan være sjøvann, klorert vann, eller fuktighet med salter som blir liggende på en overflate/en kobling med to ulike metaller. Støv og skitt blandet med salter er ofte hygroskopisk og vil også medføre økt korrosjonshastighet og fare for galvanisk korrosjon.

Altså - så lenge koblingen mellom to ulike metaller er fuktig, eller dekket av fuktighet vil forutsetningen for galvanisk korrosjon være oppfylt.

Arealforskjellen mellom anoden og katoden, samt forskjellen i potensiale mellom de ulike metallene i kobling er de to viktigste drivkreftene for at galvaniske korrosjon skal oppstå. For utstyret som skal stå i tilknytning til bassengene og strøingsanlegget vil det være essensielt å vurdere faren for galvanisk korrosjon, for å oppnå ønsket bestandighet. Evaluering av leverandørdokumentasjon med tanke på legeringsvalg og sammenkoblinger vil trolig gi store besparelser i driftsfasen.

Som et eksempel vil en kobling mellom aluminium og stål, eller vavgalvanisert gods (sink) og rustfritt, føre til at aluminium og sink blir anode og galvanisk korrosjon vil oppstå grunnet koblingen til stål/rustfritt.

De ulike metodene/tiltakene man kan iverksette for å forhindre galvanisk korrosjon må evalueres i hvert enkelt tilfelle. Generelt gjelder at galvanisk korrosjon best forhindres ved å gjøre et enhetlig materialvalg/unngå sammenkobling av ulike metaller.

4.4 Innstøpningsgods i tilknytning til bassengene

Innstøpningsgods i tilknytning til bassengene må som oftest forankres i armeringen. Dersom innstøpningsgodset vil medføre en galvanisk kobling med armeringsjern, må koblingene mellom de ulike metallene overflatebehandles før innstøpning. Dette vil i stor grad påvirke byggefasen og prosessen for utstøpning av de massive tverrsnittene.

5 Referanser

- [1] NS EN 206 + NA Betong – Spesifikasjon, egenskaper, framstilling og samsvar
- [2] NS EN 1992 + NA Eurokode 2: Prosjektering av betongkonstruksjoner. Del 1-1
- [3] 10216159-RIG-NOT-001 Supplerende grunnundersøkelser
- [4] Rapport N2008908 – Analyse av vann, ALS Laboratory Group Norway, (03.11.2020)
- [5] Norsk Betongforenings Publikasjon 37 – Lavkarbonbetong
- [6] DaCS Report No. 8 Praktiske råd og tiltak mot fastholdingsriss i herdende betongkonstruksjoner
- [7] COIN Project report no 57 - Beregning av rissrisiko CrackTeSt COIN, Skjølsvik, Haram, Smeplass (2015)
- [8] Statens Vegvesen Håndbok R762 - Prosesskode 2 Standard beskrivelse for bruer og kaier
- [9] NS-EN 13670 Utførelse av betongkonstruksjoner
- [10] Norsk Betongforenings Publikasjon 9 – Betongoverflater
- [11] EPD Cemex Hvitsement, CEM I 52,5 R
- [12] EPD Norcem Standard FA, CEM II B-M
- [13] NS EN ISO 12696:2016 Katodisk beskyttelse av stål i betong
- [14] ISO 12944 Maling og lakk - Korrosjonsbeskyttelse av stålkonstruksjoner med beskyttende malingsystemer
- [15] ISO 4628-3 Maling og lakk - Bedømmelse av nedbrytning av belegg - Betegnelse av kvantitet og størrelse på defekter og av intensitet av jevn forandring av utseende
- [16] NORSOK M-501 Surface preparation and protective coating
- [17] NS-EN 1090-2 Utførelse av stålkonstruksjoner og aluminiumkonstruksjoner - Del 2: Tekniske krav til stålkonstruksjoner
- [18] NS-EN ISO 1461 Varmforsinkede belegg på fabrikkerte jern- og stålprodukter - Spesifikasjoner og prøvingsmetoder
- [19] NS- EN ISO 14713 Sinkbelegg - Retningslinjer og anbefalinger for korrosjonsbeskyttelse av jern og stål i konstruksjoner - Del 1: Generelle prinsipper for prosjektering og korrosjonsmotstand, Del 2: Varmforsinking