



Nordic
Infra



Fagrapport Byggbarhet og Fremdrift Betongarbeider

OCEAN SPACE CENTRE - HAVBASSENG

NORDIC INFRA AS

Revision	Dato	Utarbeidet av:	Sidemannskontroll	Godkjent av:
00	13.11.2020	EP / SK / HB / JAS	HT	PM

1 INNHOLDSFORTEGNELSE

2	Formål	3
2.1	Omfang	3
3	Ocean Space Centre - Havbassenget	3
3.1	Geometrisk Informasjon	5
3.2	informasjon om konstruksjonen	5
3.3	Toleransekrav	6
4	Samarbeid med Multiconsult	7
4.1	Møter	7
4.2	Koordinering med Betongteknologi	7
5	Forutsetninger	8
5.1	Fremdrift i Andre Arbeider	8
5.2	Arbeidstid	8
5.3	Mobilisering, rigging, og innkjøring	8
5.4	Krankapasitet	8
5.5	Adkomst for betongbiler og støping	8
5.6	HMS og Byggeplasslogistikk	8
5.7	Nærhet til Naboer og Trafikkforhold	9
5.8	Ytre Miljø og Støy	9
5.9	Vanntetthet	9
5.10	Toleransekrav	9
5.11	Horisontalanker	9
5.12	Pit i Bunnplate	9
6	Byggbarhetsanalyse	10
6.1	Oppdeling av Soner	10
6.2	Sekvenser for Inner- og Yttervegg, Ribber og mellomdekker	11
6.3	Sekvenser for Bunnplate og Grop	16
6.4	Forskalingsystem	17
6.5	Støpeskjøter	19
7	Fremdrift	21
7.1	Mengder og Kapasiteter	21

7.2	Bemanning	23
7.3	Fremdriftsplan.....	26
7.4	Byggetid	26
8	Kritiske Premisser og Anbefalinger	27
8.1	Forskalingssystem	27
8.2	Oppstilling av forskaling.....	27
8.3	Utstøping og herding av betong	27
8.4	Krankapasitet og Byggeplasslogistikk	27
8.5	Ledelse, kompetanse og styring.....	28
8.6	Prøvestøp.....	28
9	Usikkerhetsvurdering.....	28
10	Vedlegg	30

2 FORMÅL

Denne rapporten er utarbeidet for å presentere vurderingene av byggbarheten og fremdriften av betongkonstruksjonene tilhørende havbassenget i Ocean Space Centre. Det har på tvers av alle vurderingene vært fokus på oppnåelsen av toleransekravene som er angitt av Multiconsult («MC») etter dialog med leverandører av mekanisk utstyr, samt å unngå for optimistiske og teoretiske vurderinger av fremdrift og timeverk.

2.1 OMFANG

Denne rapporten inkluderer beskrivelser av forskalingssystemer, støpeskjøter, og støpe-etapper, samt en vurdering av fremdrift og timeverk av betongarbeidene. Konstruksjons-elementene som omfattes av vurderingene er:

- Bunnplate med oppdriftsanker
- Grop i bunnplate, også omtalt som «pit»
- Yttervegg med ribber
- Innervegger
- Mellomdekker

Rapporten inkluderer også en usikkerhetsvurdering.

3 OCEAN SPACE CENTRE - HAVBASSENGET

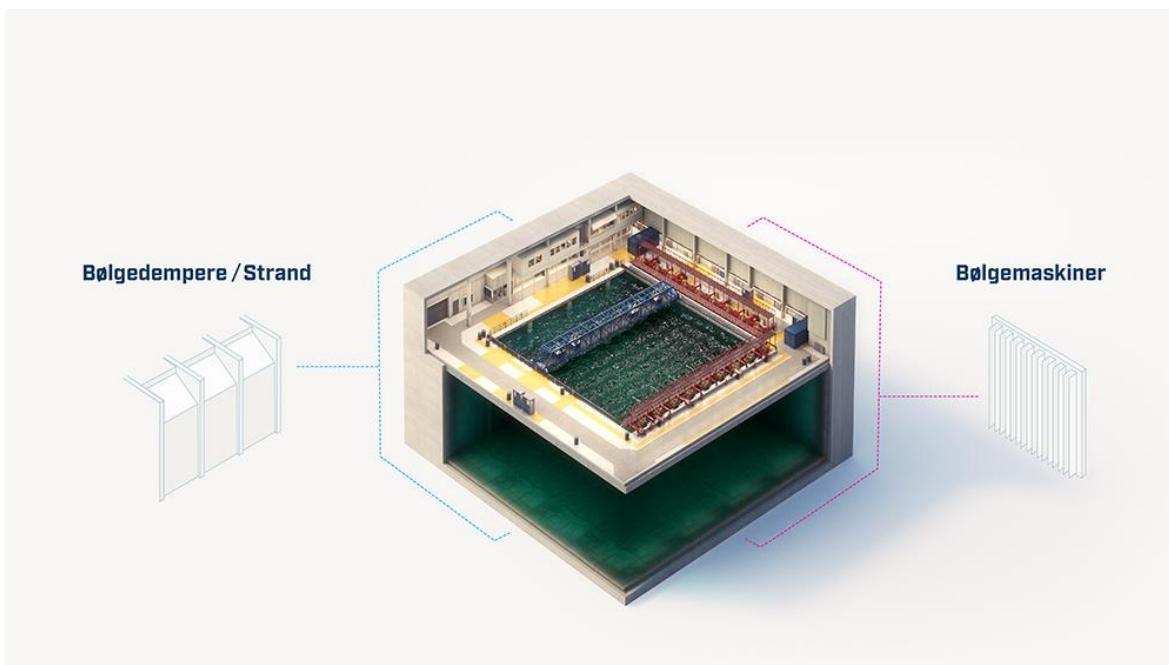
Beskrivelsene og figurene av Ocean Space Centre i dette kapitlet er hentet fra det offisielle nettstedet for Ocean Space Centre.

Ocean Space Centre består av flere laboratorier som har anvendelse i ulike marked. Den foreslåtte løsningen gjør det mulig for SINTEF og NTNU å være en total-leverandør av laboratorietjenester. Det foreslåtte konseptet vil øke kapasiteten i forhold til dagens og vil utvide tjenestetilbudet mot eksisterende og nye marked. Med stadig mer sammensatte utfordringer, vil det være effektivt å anvende ulike laboratorier i problemløsningen. Et samlet Ocean Space Centre vil være kostnadseffektivt for både SINTEF/NTNU og for kundene.



Figur 1 - Ocean Space Centre

Havbassenget er et stort laboratorium for å teste faste og flytende konstruksjoner under realistiske forhold med bølger, strøm og vind. Laboratoriene vil avdekke installasjonens oppførsel under ekstreme vær-situasjoner og situasjoner der det ikke finnes erfaringsdata, slik som 100- eller 1000-års bølger. Havlaboratoriet kan gjenskape komplekse sammenhenger som det ikke er mulig å representere numerisk, og kan avdekke ukjente fysiske fenomen med betydning for faste og flytende installasjoner. Laboratoriene skal støtte utvikling og utprøving av nye konsepter for blant annet å avverge ulykker i fremtiden, samt avdekke årsaker for uforutsette hendelser (ulykker) på eksisterende installasjoner.



Figur 2 - 3D-modell Havbassenget

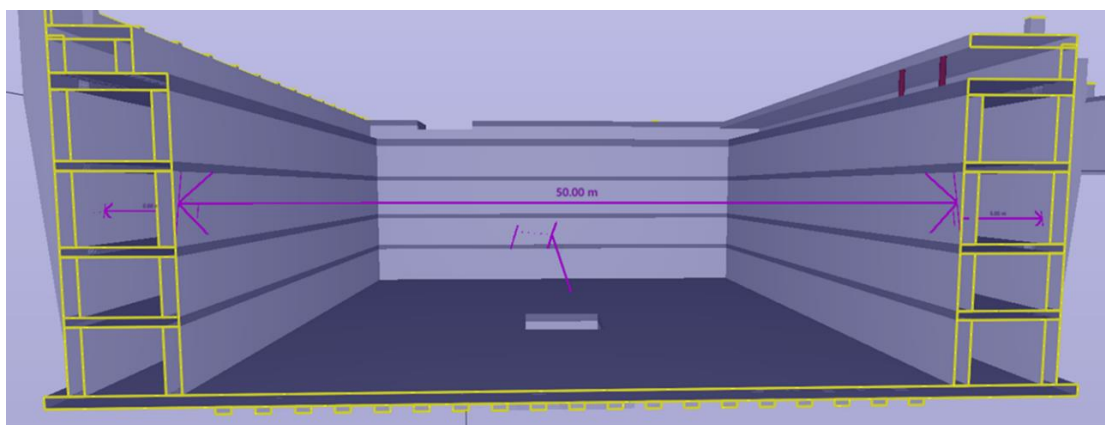
3.1 GEOMETRISK INFORMASJON

Havbassenget har følgende dimensjoner:

	Indre	Ytre
Lengde L	60 meter	91,5 meter
Bredde B	50 meter	62 meter
Dybde D	22,8 meter	22,8 meter

Det er også en nedsenket «pit» i senteret av bassenget med dimensjonene:

Lengde L	7,5 meter
Bredde B	7,5 meter
Dybde D	5,5 meter



Figur 3 - 3D-modell RIB

Det er oppgitt at det vil være 64 ribber som følger høyden av ytterveggene fra bunnen til topps mot utsprengt bergprofil, som er fordelt langs hele omkretsen av havbassenget. I underlaget er ribbene oppgitt å ha et varierende volum fra cirka 35m³ til 80m³.

Siden ribbene må tilpasses profilet til utsprengt berg, vil eksakt volum vil kunne påvirkes betydelig avhengig av valgt utsprengningsmetode.

Mellomdekkene er fordelt over 4 nivåer, hvor det er en høyde på 5 meter fra OK til OK på dekkene.

3.2 INFORMASJON OM KONSTRUKSJONEN

3.2.1 Betongelementer

Det er oppgitt at alle konstruksjonselementene av betong vil ha en armeringsmengde på 250kg/m³. Tykkelsen av elementene er oppgitt å være 800mm for bunnplate og pit, 1000mm for ytterveggen og ribbene, 1000mm for innerveggen, og 600mm for mellomdekkene.

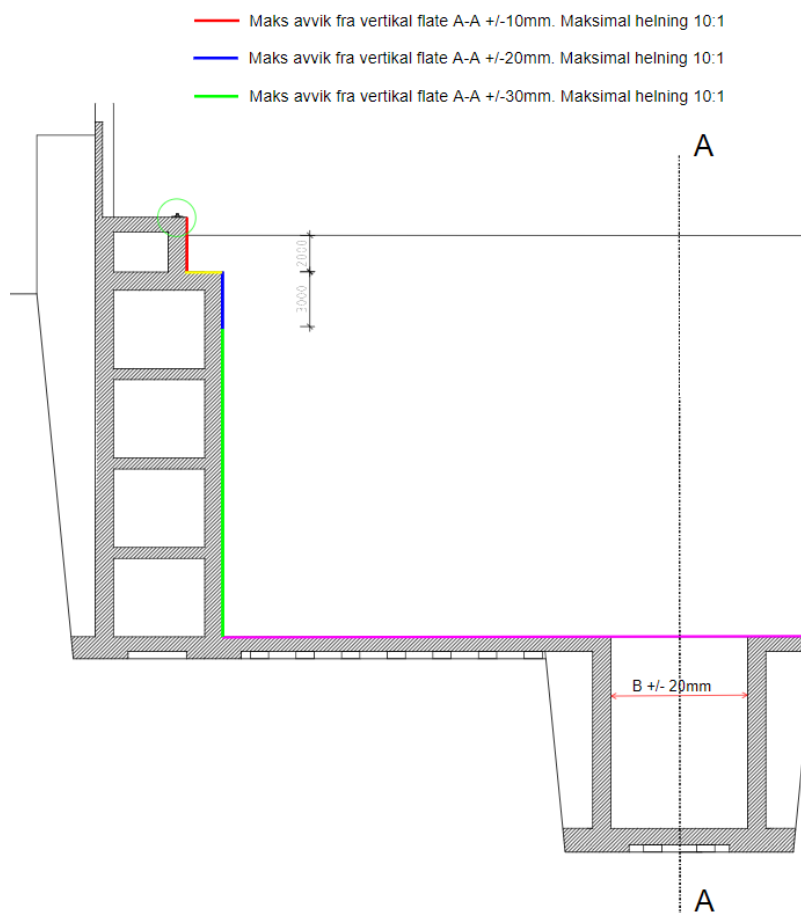
3.2.2 Oppdriftsanker

Det vil være oppdriftsankere i fjell som skal støpes inn i bunnplaten og dens pit for å motvirke oppdrift ved høy grunnvannstand. Det er antatt at disse stagen vil være passive, og skal da kun støpes inn i bunnplaten etter de er gysset fast i fjellet.

3.3 TOLERANSEKRAV

Toleransekravene som gjelder for de ulike konstruksjonsdelene er oppgitt å være:

Beskrivelse	Horisontalt plan	Vertikalt plan	Kommentar
Bunnplate	+/- 30mm	N/A	N/A
Pitt	N/A	+/- 20mm	Kravet gjelder for avstand mellom veggene.
Yttervegg med ribber	N/A	N/A	Alminnelige toleransekrav
Innervegger	N/A	+/- 10mm	Maksimal helning 10:1
Mellomdekker	N/A	N/A	Alminnelige toleransekrav



Figur 4 - Grafisk fremstilling av toleransekrav

4 SAMARBEID MED MULTICONSULT

Alt underlag for vurderingene som er presentert i denne rapporten er utarbeidet og oversendt av Multiconsult. Dette underlaget er lagt ved rapporten, og er listet opp i Kapittel 10.

4.1 MØTER

I forbindelse med denne rapporten ble følgende møter avholdt:

[Møtedato – agenda]

17.09.2020 – Presentasjon av forespørsel og underlag

25.09.2020 – Gjennomgang tilbud fra NIAS og prosess mot Statsbygg

12.10.2020 – Oppstartsmøte, gjennomgang av modell, krav, forutsetninger, og faseplaner for anleggsgjennomføring

23.10.2020 – Workshop, gjennomgang av forskalingssystem, støpe-etapper

03.11.2020 – Workshop, videre gjennomgang av forskalingssystem, støpe-etapper, og fremdriftsplan med kapasiteter

4.2 KOORDINERING MED BETONGTEKNOLOGI

I forbindelse med vurderingen av byggbarhet og fremdrift har Multiconsult engasjert sine egne spesialister innen betongteknologi for å gjøre supplerende vurderinger innenfor sitt fagområde.

Det er dermed ikke vurdert som hensiktsmessig at betongteknologiske vurderinger skulle fungere som en premissgiver ved dette stadiet. Det er derfor avtalt at betongteknologi heller vil kommentere om løsningene og forslagene, som kommer fra byggbarhetsanalysen og fremdriftsvurderingene, ikke er gjennomførbare sett fra deres perspektiv. Per denne rapportens dato har ikke NIAS blitt gjort oppmerksomme på slike kommentarer.

For at betongteknologi skal kunne gjøre sine vurderinger har det vært viktig at nødvendig informasjon knyttet til støpe-hastigheter, støpe-rekkefølge og støpe-seksjoner, herunder plasseringen av støpeskjøter blir klart og tydelig kommunisert. Betongteknologi har deltatt i avholdte møter, og har mottatt denne informasjonen fortløpende, hvor denne er samlet og inkludert enten direkte i denne rapporten eller via et av vedleggene.

5 FORUTSETNINGER

Dette kapitlet har som hensikt å definere et rammeverk for vurderingene som er utført og presentert i denne rapporten. Ut over de hoved-forutsetningene som er listet her, presiseres at det kan være andre forutsetninger som er lagt til grunn, men som ikke eksplisitt er belyst eller beskrevet her.

5.1 FREMDRIFT I ANDRE ARBEIDER

Det er forutsatt i denne rapporten at grunnarbeider, herunder fundamentering og sikring av byggegrop, er ferdigstilt og at andre tilhørende fasiliteter er fjernet og ikke til hinder for oppstart av betongarbeidene. Det er også forutsatt at andre arbeider som pågår parallelt på Ocean Space Centre ikke vil være til hinder for arbeidene på hav-bassenget.

5.2 ARBEIDSTID

Grunnet arbeidenes art og nærhet til omkringliggende boligfelt er det forutsatt at man ikke vil kunne arbeide utover ukedagene mellom klokken 0700 og 1900. Det er antatt at ved støpe-dager så vil arbeidene kunne pågå ut over dette til man er ferdig. Det er ikke gjort vurderinger omkring hvilke effekter dispensasjoner fra støvforskrifter og relaterte krav vil kunne ha på fremdriften i arbeidene.

I fremdriftsplanen er det lagt inn 55 timer/uke fordelt på 5 arbeidsdager (11t/dag) for armering og forskaling, mens på støp er det inntil 24t for alle arbeidsdager (man-fre). Det er lagt inn norske helligdager og 25 feriedager pr år.

5.3 MOBILISERING, RIGGING, OG INNKJØRING

Det er ikke gjort en detaljert vurdering vedrørende hvordan mobilisering, rigging og innkjøringsperiode vil påvirke fremdriften i arbeidene.

5.4 KRANKAPASITET

Det er tatt utgangspunkt i dokumentet «Stasjonære kraner Havbasseng GH 2020 10 12», hvor det er forespeilet 3 stasjonære kraner, samt at MC har bekreftet at disse antas supplert med mobilkraner etter behov.

I tråd med dette, er det i denne rapporten forutsatt at 4 kraner vil være til havbassengets fulle disponering til alle tider.

5.5 ADKOMST FOR BETONGBILER OG STØPING

Det er forutsatt at det er tilstrekkelig adkomst til byggegropen for betongbiler, samt tilstrekkelig kapasitet og plass for betong-pumper til støpearbeidene.

5.6 HMS OG BYGGEPLASSLOGISTIKK

Det er ikke gjort en vurdering av spesielle forhold knyttet til HMS verken isolert sett for arbeidene i havbassenget eller som følge av parallelle aktiviteter på OCS-prosjektet ved andre områder.

5.7 NÆRHET TIL NABOER OG TRAFIKKFORHOLD

Det er ikke tatt hensyn til forhold knyttet til nærhet til naboer og trafikkforhold med tanke på vurdering av fremdriftsplan.

5.8 YTRE MILJØ OG STØY

Det er ikke gjort vurderinger av forhold knyttet til ytre miljø og støy som følge av arbeidene i denne rapporten.

5.9 VANNTETTHET

NIAS har ikke gjort egne vurderinger omkring hva som er optimalt med tanke på vanntettheten av havbassenget, og hvordan disse vurderingene kan hensyntas med tanke på utforming av og antall støpeskjøter.

5.10 TOLERANSEKRAV

Denne rapporten tar kun sikte på å belyse hvordan man skal oppfylle toleransekravene ved oppføringen av konstruksjonen. Tilfredstillelse av toleransekrav mens havbassenget er i bruk er ikke vurdert i denne rapporten.

5.11 HORIZONTALANKER

Det ble i møtet holdt 12.10.2020 opplyst at horisontalstagene som skulle gå igjennom ribbene til berg vil med all sannsynlighet utgå. Det er derfor i denne rapporten forutsatt at disse stagene ikke vil komme til utførelse.

5.12 PIT I BUNNPLATE

Det påpekes at det er ulike geometriske parametere for pitten som skal være i senter av hav-bassenget. I denne rapporten er parameterne hentet ut fra 3D-modellen.

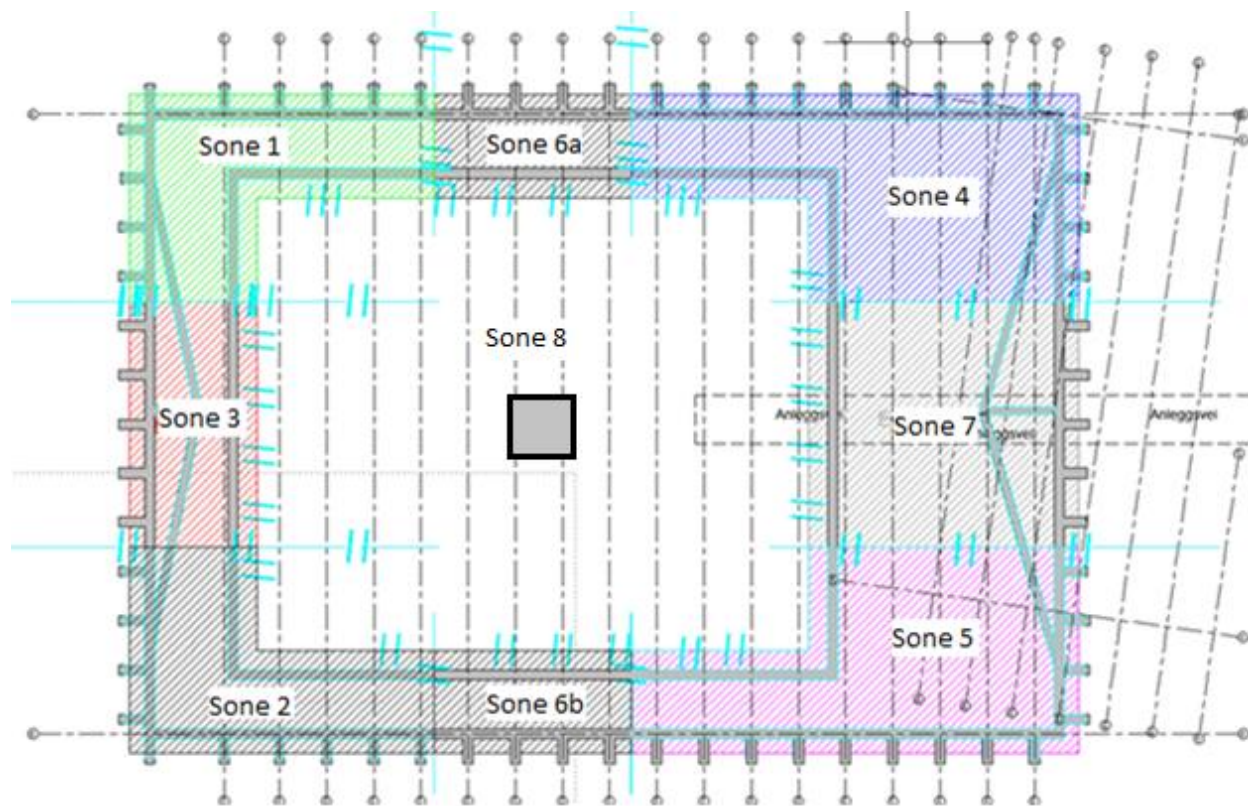
6 BYGGBARHETSANALYSE

Hensikten med dette kapitlet er å presentere de utførte vurderingene av hensiktsmessige og gjennomførbare forskalingsmetoder, støpe-høyder og støpe-etapper.

For å forbedre forståelsen av vurderingene presenteres først hoved-trekkene fra fremdriftsplanen med anbefalt soneoppdeling og støpe-etapper, og deretter følger beskrivelser av forskalingsystemene og støpeskjøtene for de ulike konstruksjonsdelene.

6.1 OPPDELING AV SONER

Det første premisset for å kunne utarbeide både beskrivelser av forskalingssystemet og fremdriftsplanen er å etablere soner hvor støpe-etappene vil bli utført. For havbassenget anbefales det at konstruksjonen deles opp i 8 ulike soner.



Figur 5 - Havbasseng Soner

Som sett i figuren over vil hvert hjørne og seksjonene mellom hjørnene betegnes som egne soner. Denne oppdelingen tillater at man kan oppnå en naturlig stabilitet i konstruksjonen ved at man starter støpearbeidene i hjørnene-sonene. Etter hvert som støpe-etappene i hjørne-sonene fullføres, så vil man etterfølgende kunne bygge opp mellomseksjonene til samme høyde. Resultatet av denne oppdelingen er at man kan ha flere angrepspunkter med stor fleksibilitet med hensyn til det den mobiliserte arbeidskraften kan utføre.

6.2 SEKVENSER FOR INNER- OG YTTERVEGG, RIBBER OG MELLOMDEKKER

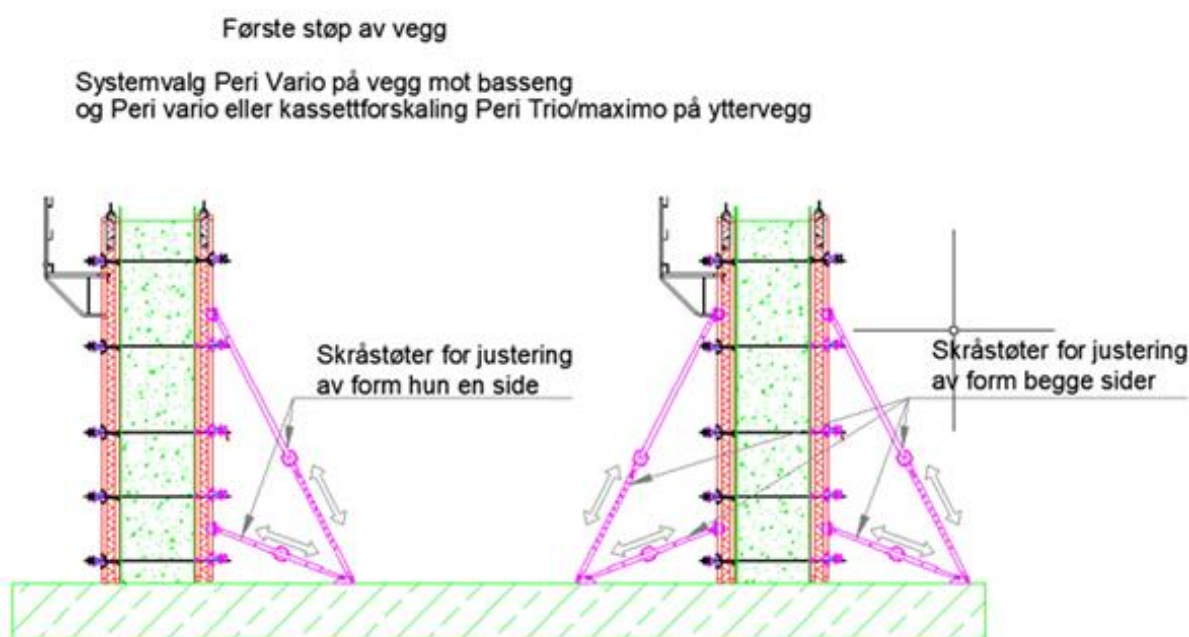
Det påpekes at samme sekvens vil bli benyttet for arbeidene i alle støpesonene, og at det ikke er vurdert som hensiktsmessig å utføre en detaljvurdering vedrørende alternativer for hver enkelt sone.

6.2.1 Første støpe-etappe

Grunnet arbeidene med oppdriftsanker og den store grunnflaten til havbassenget, er det vurdert som hensiktsmessig å starte bunnplatearbeidene langs veggsonene, der det ikke er oppdriftsankere. Derfor blir første sekvens å støpe bunnplaten under innerveggen og ytterveggen.

For å sikre nok arbeidsplass og rom til å sette stag for å stabilisere forskalingen må platen støpes minst 2 meter fra ytterkanten til innerveggen inn mot bassenget.

6.2.2 Andre støpe-etappe



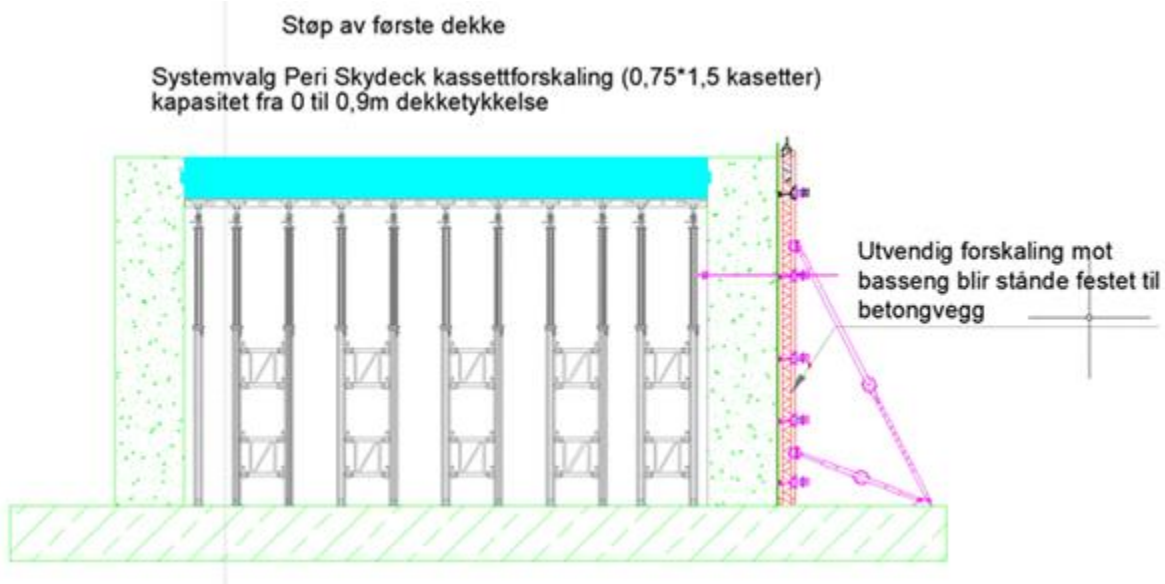
Figur 6 - Andre støpe-etappe

Etter bunnplaten er støpt vil ytterveggen m/ribber og innerveggen føres opp. Veggene skal støpes opp til mellomdekkets overkant for å minimere antall og utforming av støpe-skjøter. Det forutsettes en støpehastighet på 0,5 meter / time på veggene.

På vegg-forskalingen til innerveggen benyttes skråstøtter på begge sider av vegg for å sikre oppnåelse av toleransekravene. Forskalingen må måles inn nøye ved oppstilling, samt etterjusteres etter veggstøp.

For å sikre en god støpe-skjøt mot mellomdekket er det en forutsetning at en fortanning etableres. Som følge av lengden på sonene er det vurdert som håndterbart å jobbe med både yttervegg m/ribber og innerveggene parallelt.

6.2.3 Tredje støpe-etappe



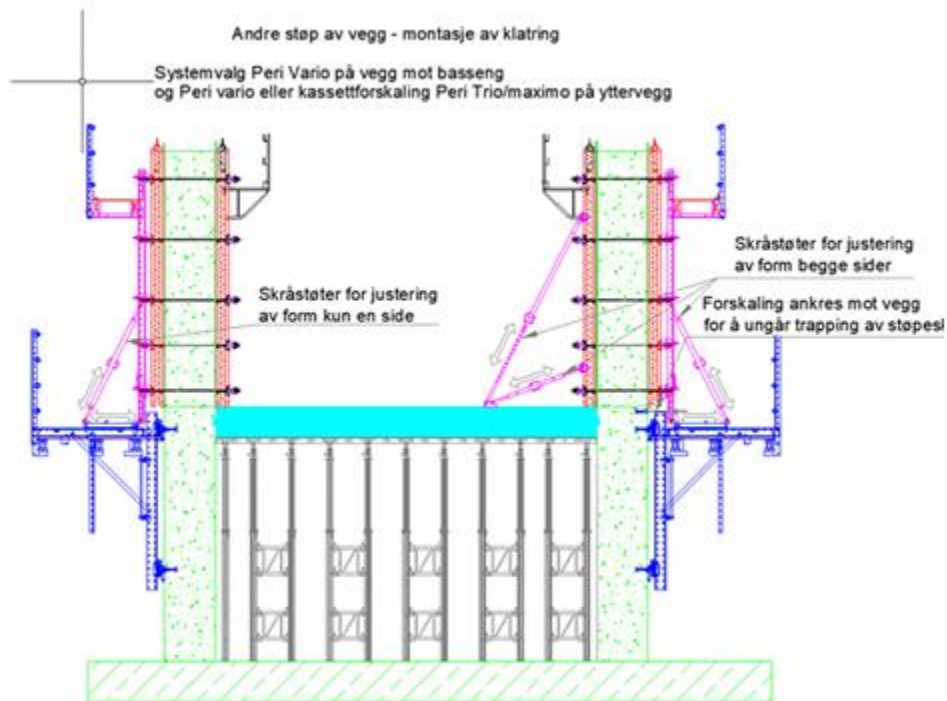
Figur 7 - Tredje støpe-etappe

For å støpe mellomdekket vil det benyttes reis med kassetter som plasseres på nivået under. Siden veggene er støpt til overkant av dekket er det ikke nødvendig med vertikal forskaling.

Forskalingen på innerveggen mot bassenget blir værende til betongen har startet herdeprosessen for å sikre at toleransekravene blir oppnådd. Den kan fjernes når betongen i mellomdekket har herdet og ikke påfører innerveggen et støpetrykk.

Det antas at det vil bli laget utsparinger i mellomdekkene for fremtidig vedlikehold som også kan brukes til å hente ut materialer etter støpearbeidene. Med foreslått reis vil man kunne benytte seg av en håndvinsj til å løfte ut materialene når nødvendig trykkfasthet til betongen er oppnådd.

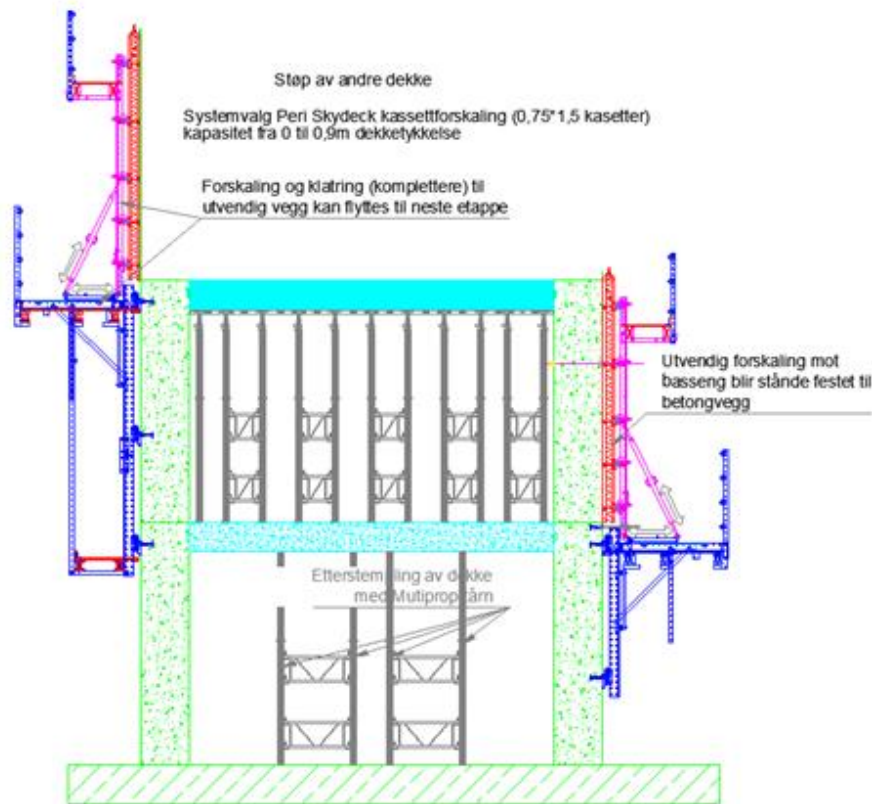
6.2.4 Fjerde støpe-etappe



Figur 8 - Fjerde støpe-etappe

Her monteres første seksjon av RCS(Rail climbing system)-klatreutstyr. Dette utstyret forankres i to festepunkter. Veggforskalingen monteres på klatreforskalingen, mens armeringsarbeidene kan utføres mellom veggene med mellomdekket som arbeidsplattform.

6.2.5 Femte støpe-etappe

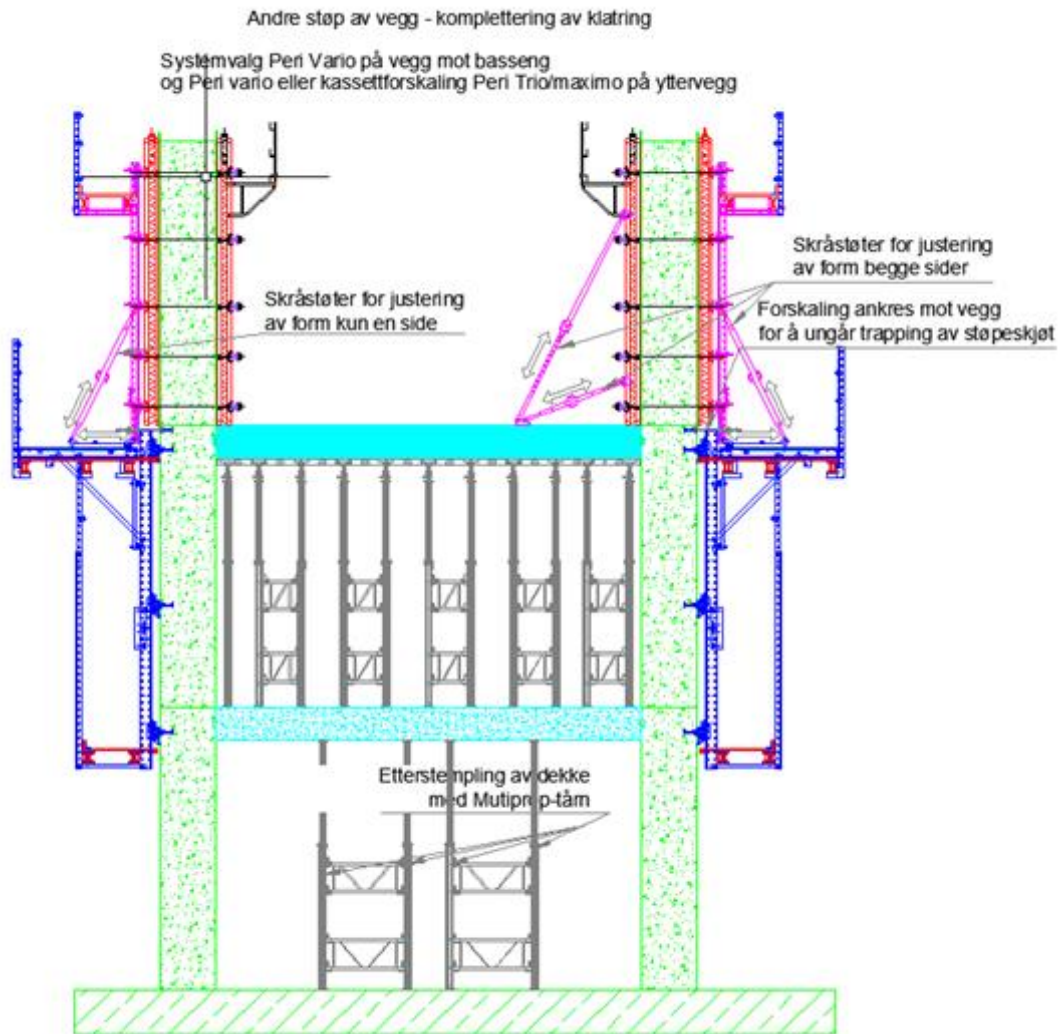


Figur 9 - Femte støpe-etappe

I denne etappen vil man gjenbruke ankerene i de støpte seksjonene til å montere RCS-klatreforskalingen. Når klatreforskalingen er montert, vil man gjenta prosessen som for nivået under ved at man først setter opp forskalingen på ytterveggen mens innerveggen følger etterpå.

Det vil være kritisk at man stempler mellomdekket under, slik at man unngår uforutsette deformasjoner eller skader på konstruksjonen. Det påpekes at man vil kunne flytte klatreforskalingen på ytterveggen før 2. mellomdekke støpes om ønskelig.

6.2.6 Sjette støpe-etappe



Figur 10 - Sjette støpe-etappe

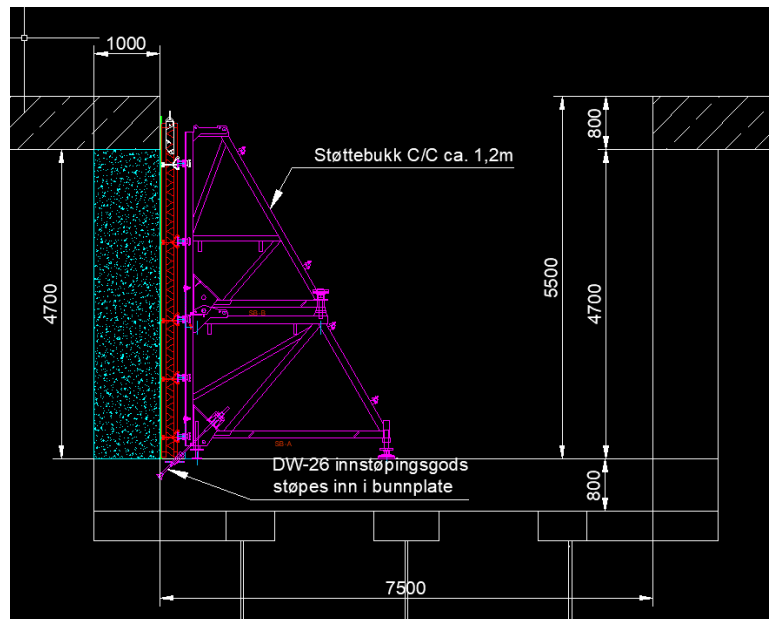
I denne etappen vil RCS-klatreforskalingen flyttes opp til neste nivå, hvor et hengestilas kan monteres for etterarbeid på støpeskjøter og gjennomføringene.

Det gjentas at arbeider med skråstøttene vil være kritiske i denne etappen for å sikre korrekt oppstilling av forskalingen samt nødvendige justeringer etter støpearbeidene.

6.2.7 Resterende støpe-etapper

De gjenværende støpe-etappene vil bli utført i samme sekvens og med samme type forskaling til man er ferdig med øverste mellomdekke. Selv om geometrien til det øverste nivået er noe annerledes, vil fremgangsmåten være lik som de andre høydene.

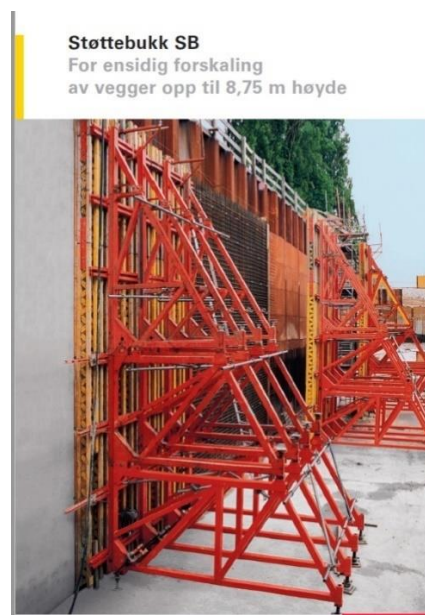
6.3 SEKVENSER FOR BUNNPLATE OG GROP



Figur 11 - Forskaling Pit

Bunnplaten støpes ut så snart arbeidene med oppdriftsankerene er ferdige. Det vurderes som mest hensiktsmessig å ta denne som en stor støp, men det vil være muligheter for å dele opp eller optimalisere dette etter behov.

For pitten anbefales det at man støper bunnplaten i en operasjon. For veggene sin del bør det vurderes at man heller støper disse med ensidig forskaling mot fjell, da det ligger uforholdsmessig stort mengdevolum og arbeidstid i tverrikkene. For å tilrettelegge for denne løsningen er det sannsynligvis nødvendig å utføre en sømboring av fjellet for å sikre et optimalt utsprengt profil.



Figur 12 - Eksempel Ensidig Forskaling

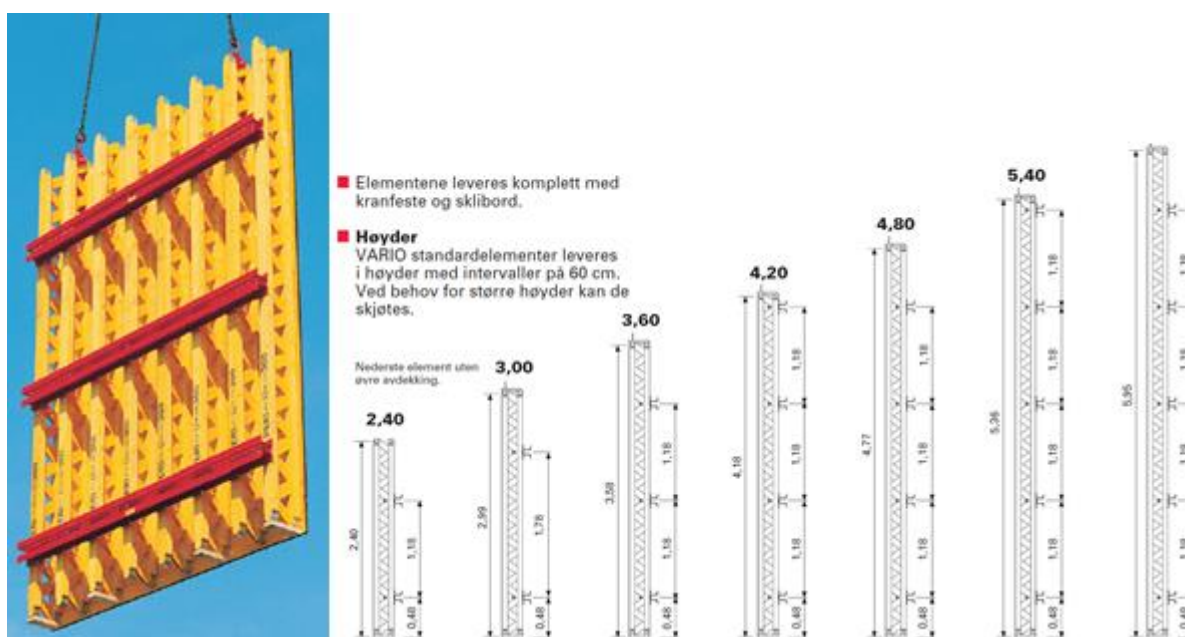
6.4 FORSKALINGSSYSTEM

Det presiseres innledningsvis i dette kapitlet at det finnes flere ulike leverandører av forskalingssystemer som vil ha muligheten til å levere produkter som tilfredsstillere kravene og forutsetningene som er inkludert i denne rapporten.

Grunnet en av de involverte fagspecialistenes tilknytning til PERI er det tatt utgangspunkt i deres katalog, men henvisningene til PERIs kataloger skal kun forstås som for informasjonens skyld og ikke som en bindende eller premissgivende faktor for noen av anbefalingene eller vurderingene i denne rapporten.

6.4.1 Innervegg

For innerveggen forutsettes det at det bygges en spesialforskaling som er dimensjonert for prosjektets store støpetrykk.

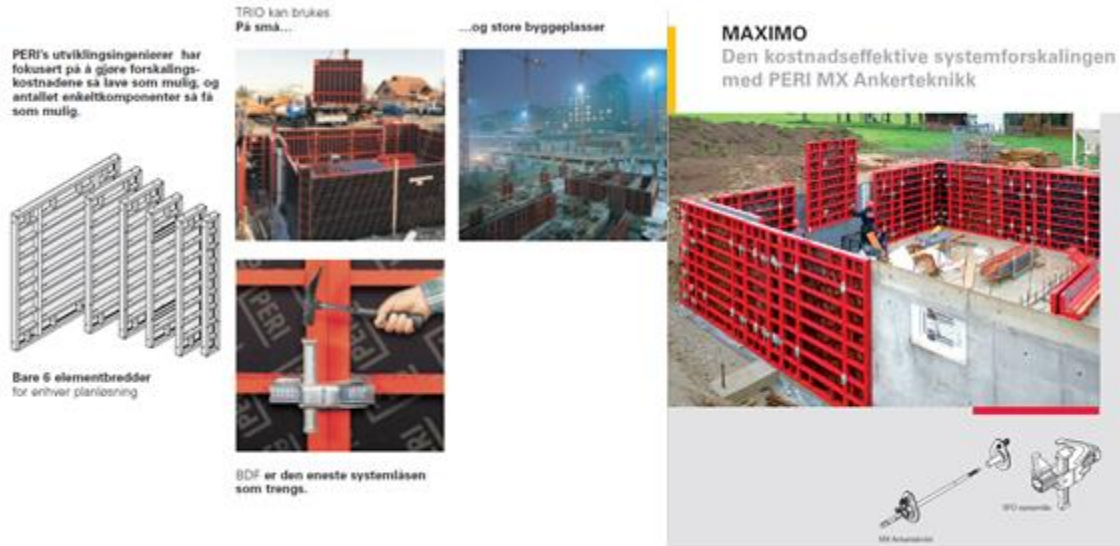


Figur 13 - Eksempel Forskaling Innervegg

Et eksempel på en forskaling som kan modifiseres er PERI Vario. Denne forskalingen er sammensatt av trebjelker GT24 og stålbjelker SRU- (U120). Det vurderes anslagsvis at denne veggforskaling må dimensjoneres for støpetrykk på minst 100kN/m². Forskalingsbredde på elementene bør være på maks 4,0m for å unngå overbelastninger på klatreforskalingen. Høyden på elementene må tilsvare lengden fra OK-Dekke til OK-dekke + 100mm, noe som vil tilsvare 5,1 meter basert på det mottatte underlaget. Det henvises til Vedlegg 8 for mer informasjon om dette forskalingssystemet.

6.4.2 Yttervegger med ribber

For å sikre effektiv fremdrift er det vurdert som kritisk å benytte et forskalingssystem som tillater at ytterveggene støpes i samme etappe som ribbene. Det kan eksempelvis brukes en relativt vanlig kassettforskaling som PERI Maximo eller PERI Trio veggforskaling, som kan bygges opp med elementer med høyder fra 3,3-2,7-1,2 og 0,6 meter med bredde på 2,4-1,2-0,9-0,72-0,6-0,45 og 0,3 meter.



Figur 14 - Eksempel Forskaling Yttervegg

Det er vurdert som fordelaktig om forskalingssystemet er sammenlignbart med det for innerveggene for å redusere antallet ulike arbeidsoperasjoner, spesielt med tanke på løfting, oppstilling og gjennomføringer. Det henvises til Vedlegg 9 for mer informasjon om dette forskalingssystemet.

6.4.3 Mellomdekker

Det anbefales at man bruker et forskalingssystem som er både lett og fleksibelt. Det er antatt at krankapasiteten vil være en flaskehals for arbeidene, og det vurderes som kritisk at man unngår valg av forskalingssystemer som krever tyngre løfteoperasjoner.

SKYDECK Den økonomiske dekkforskalingen med mange bruker fordeler

SKYDECK forskaler dekketykkeler opp til 95 cm i system. (se tabell)

SKYDECK tilbyr systematisk monteringsrekkefølge og -sikkerhet.

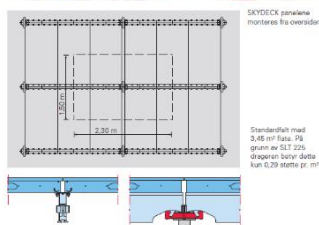
De oppstikkende tennene "finger" inn panelene. Panelene innordner seg og blir liggende uten mulighet til å gli i tannlisten. Allerede ved montage gir SKYDECK veldig høy arbeidsikkerhet.

Dette utelukker feil i montering av forskalingen. Også uøvd personell blir raskt fortrolig med håndtering av PERI SKYDECK.



SKYDECK systematikken betyr:

- Ingen innmåling av dekketetter.
- Ingen utmåling av strø- og puteavstander.
- Trenger ikke ta hensyn til forskalingens bæreevne.



Gjennom ørene på SLT dragene fixeres panelene i riktig posisjon.

SLT drageren er formstabil, og sikrer med øyeblikkelig løsthenging til drapshøyde og toppoppfall.

SKYDECK panelene monteres fra oversiden.

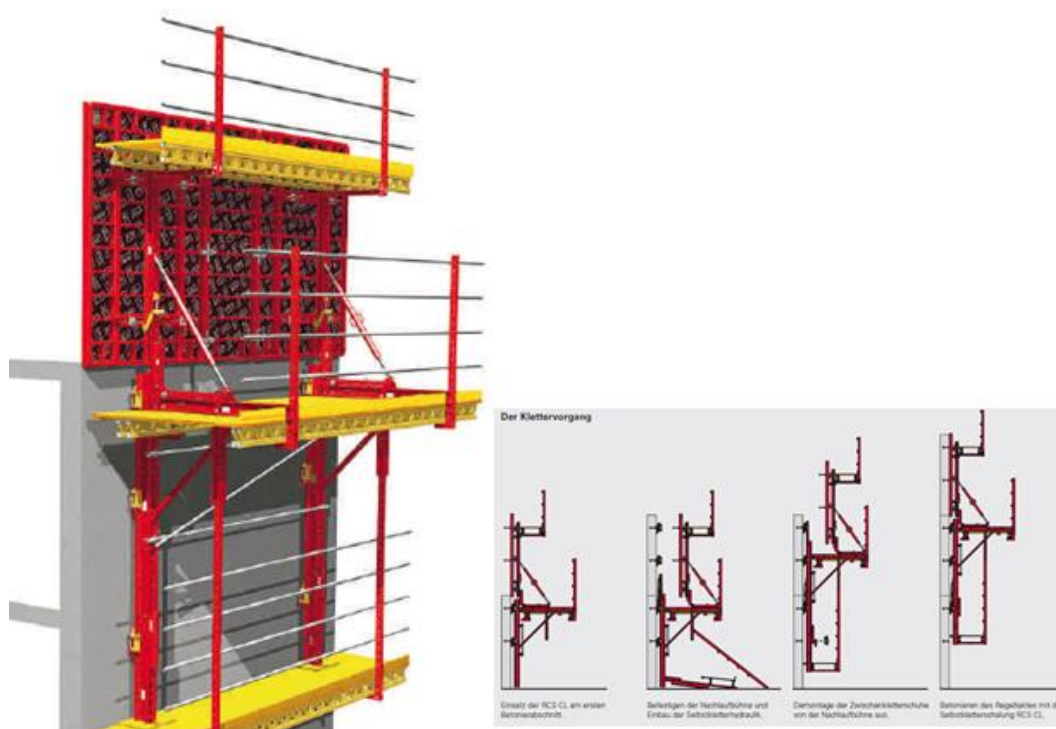
Standardlåt med 3,48 m² flate. På grunn av SLT 225 drageren betyr dette kun 0,20 støtte pr. m².

Figur 15 - Eksempel Forskaling Mellomdekker

Et forskalingssystem som kan oppfylle forutsetningene over er eksempelvis PERIs Skydeck. Dette systemet har lette og enkelt håndterbare komponenter. Montasjen er ukomplisert og systematisk, og krever et lavt antall støtter for å kunne oppføres. Det lave behovet for støtter gir større plass for bevegelse under reisen, og forenkler horisontal transport av materialene. Det henvises til Vedlegg 10 for mer informasjon om dette forskalingssystemet.

6.4.4 Klatresystem

Det er forutsatt at man vil benytte en klatreforskaling for å utføre arbeidene, noe som vil være spesielt fordelaktig med tanke på byggeplasslogistikken. Et mulig alternativ er PERIs RCS(Rail Climbing System)-system, som er et system hvor forskalingen festes på skinner som er alltid festet til betongveggen på opphengspunkter.



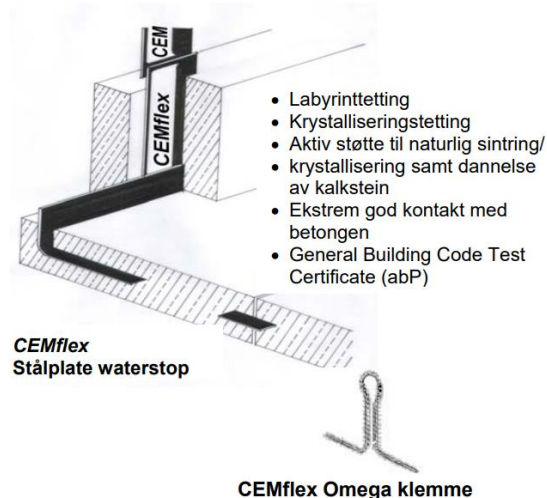
Figur 16 - Eksempel Klatreforskaling

Forskalingen kan flyttes opp langs skinnene uten avmontering med hjelp av kran eller hydraulikk.

6.5 STØPESKJØTER

For støpeskjøter anbefales det at et stålprofil med påmontert injeksjonsslange benyttes. Denne prinsipp-løsningen har man gode erfaringer med fra andre typer basseng, og er vurdert som velkjent for de fleste betong-entreprenører i Norge.

En mulig løsning er å bruke CEMflex VB – stålplate waterstop.



Figur 17 - Eksempel Waterstop Støpeskjøt

Denne løsningen har svært god kontakt mot betongen og spesielt gode vanntetteegenskapene. Om stålplaten kommer i kontakt med vann vil kjemiske reaksjoner som lett svelling, krystallisering, selvtetting av betongsprekker og en naturlig sintring/krystallisering (naturlig dannelse av kalkstein) i betongsprekker oppstå. Det henvises til Vedlegg 11 for mer informasjon om disse stålprofilene.

6.5.1 Gjennomføringer

Det er vurdert som viktig å oppnå en uniform overflate, og det krever da en nøye utvalgt løsning for tetting av gjennomføringene i forskalingen. Et eksempel vil være PERIs ankersteknikk. Denne løsningen utføres ved at et plastrør med waterstop gyses fast i selve hullet, og at endene forsegles med en betongkonus. Løsningen er vanntett med trykk opp til 10 bar. Det henvises til Vedlegg 12 for mer informasjon om denne løsningen.



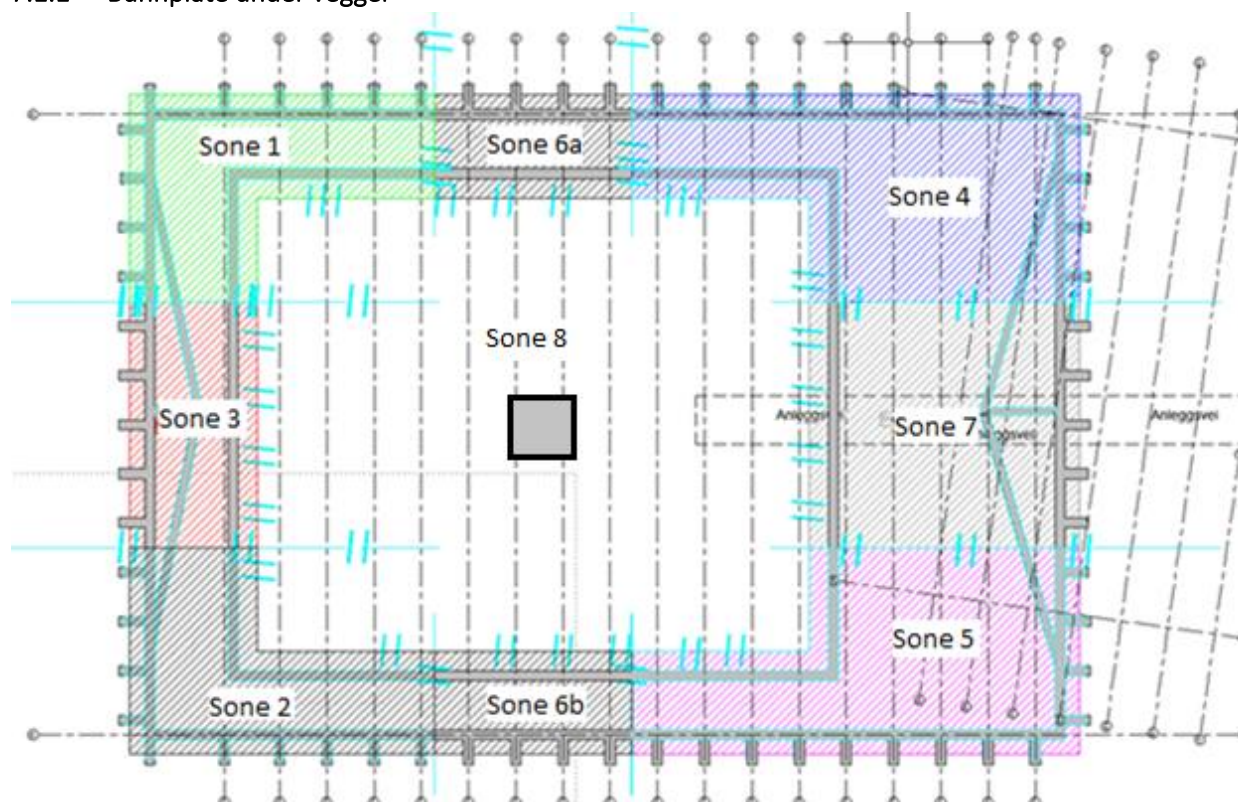
Figur 18 - Foreslått Løsning Gjennomføringer

7 FREMDRIFT

7.1 MENGDER OG KAPASITETER

Det er hentet ut dimensjoner fra 3D-modellen som er vedlagt denne rapporten som Vedlegg 5. Elementene er delt inn etter støpetappene til utførelsen (se kap 6), som avviker fra oppdelingen til elementene i selve modellen. Kapasitetene er i de etterfølgende kapitlene oppgitt som gjennomsnitt. For kapasitet på hvert element se Vedlegg 14.

7.1.1 Bunnplate under vegger



Figur 19 - Soneoppdeling

Bunnplate under vegger regnes til 2m på innsiden av innervegg.

	Mengde	Kapasitet	Timeverk
Forskaling	388,95	2,33	880,35
Armering	777,90	7,00	5 445,30
Betong	3 111,60	0,25	777,90
		Sum:	7 103,55

7.1.2 Bunnplate senter og pit

Bunnplate senter og «Pit» er alt innenfor 2m innenfor innerveggen. Her er det bare estimert totale timeverk ut fra betongmengdene.

Aktivitet	Mengde [stk/m3]	Kapasitet (alle arbeidere) [tv/mengde]	Timeverk
Boring og gysing oppdriftsankere	421	1,2	495,00
Bunnplate	2017,4	3,0	6 000,00
Ribber i pit	144	7,0	3 668,00
Vegger og bunnplate i pit	381		
		Sum	10 163,00

7.1.3 Innervegger

For hvert nivå er mengdene regnet fra topp bunnplate til topp neste dekke. Kapasiteter er vurdert individuelt per nivå og element, mens gjennomsnitt for hele konstruksjonen er vist i tabellen under.

	Mengde	Kapasitet	Timeverk
Forskaling	10 005,76	1,39	13 760,24
Armering	1 250,72	15,00	18 760,80
Betong	5 002,88	0,25	1 250,72
		Sum:	33 771,76

7.1.4 Yttervegger og ribber

For hvert nivå er mengdene regnet fra topp bunnplate til topp neste dekke. Kapasiteter er vurdert individuelt per nivå og element, mens gjennomsnitt for hele konstruksjonen er vist i tabellen under. Ribber er forenklet så det er en liten overestimering i de totale mengdene.

	Ribber		
	Mengde	Kapasitet	Timeverk
Forskaling	8 120,60	2,00	16 241,20
Armering	1 015,08	18,00	18 271,35
Betong	4 060,30	0,25	1 015,08
		Sum:	35 527,63
	Yttervegg		
Forskaling	14 832,40	1,10	16 342,48
Armering	1 778,42	15,00	26 676,34
Betong	7 113,69	0,26	1 819,15
		Sum:	44 837,96
	Sum Yttervegg og ribber:		80 365,59

7.1.5 Mellomdekker

	Mengde	Kapasitet	Timeverk
Forskaling	12 211,91	2,50	30 310,47
Armering	2 213,12	8,00	17 704,98
Betong	8 852,49	0,51	4 564,33
		Sum:	52 579,79

7.1.6 Totalt

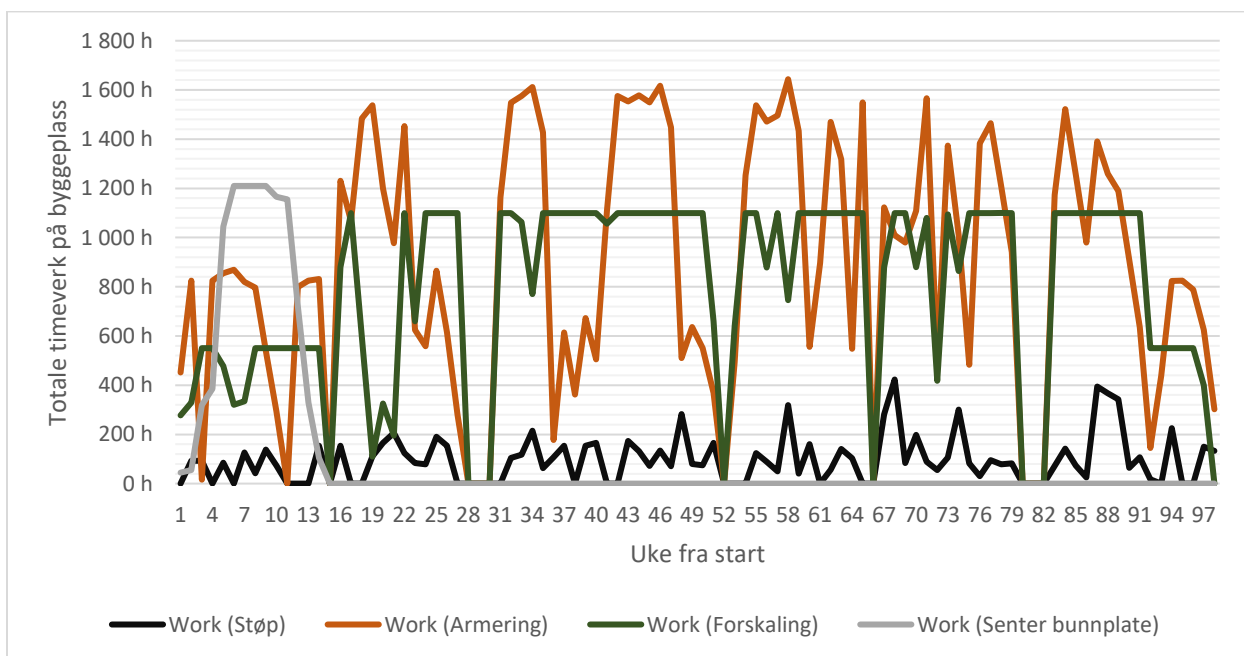
	Timeverk
Forskaling	77 534,74
Armering	86 858,77
Betong	9 427,17
Bunnplate senter	10 163,00
Sum:	183 983,68

Basert på de samlede vurderingene vil gjennomsnittlig timeverk per m3 betong være 6.2 tv / m3. Dette samsvarer med estimert timeverk for sammenlignbare arbeider i andre prosjekter.

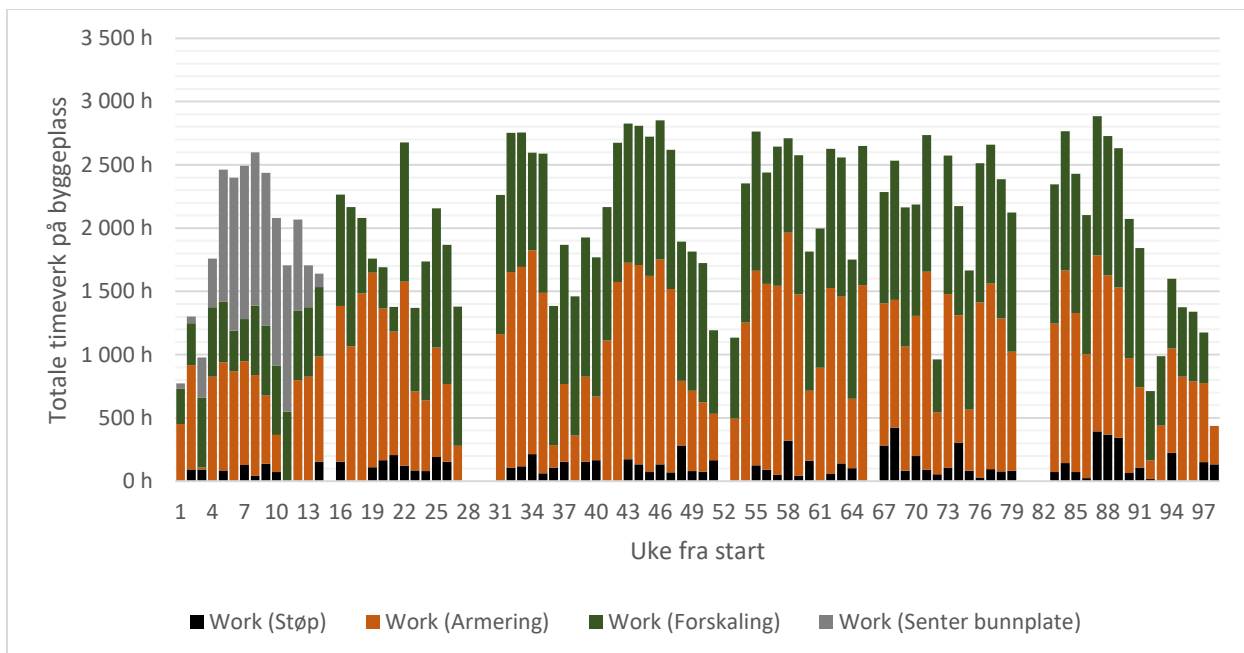
7.2 BEMANNING

Det er forutsatt en tilgjengelig bemanning på byggeplassen på 1 lag med 10 personer på støp, 2-3 lag med 10-15 (totalt 30) personer på armering og 2 lag med 10 personer på forskaling. Deretter er aktivitetene spredd ut i tid for å unngå for mye overlokalisering. Det er lagt inn mindre bemanning på armering og forskaling mens det arbeides med bunnplate og «pit».

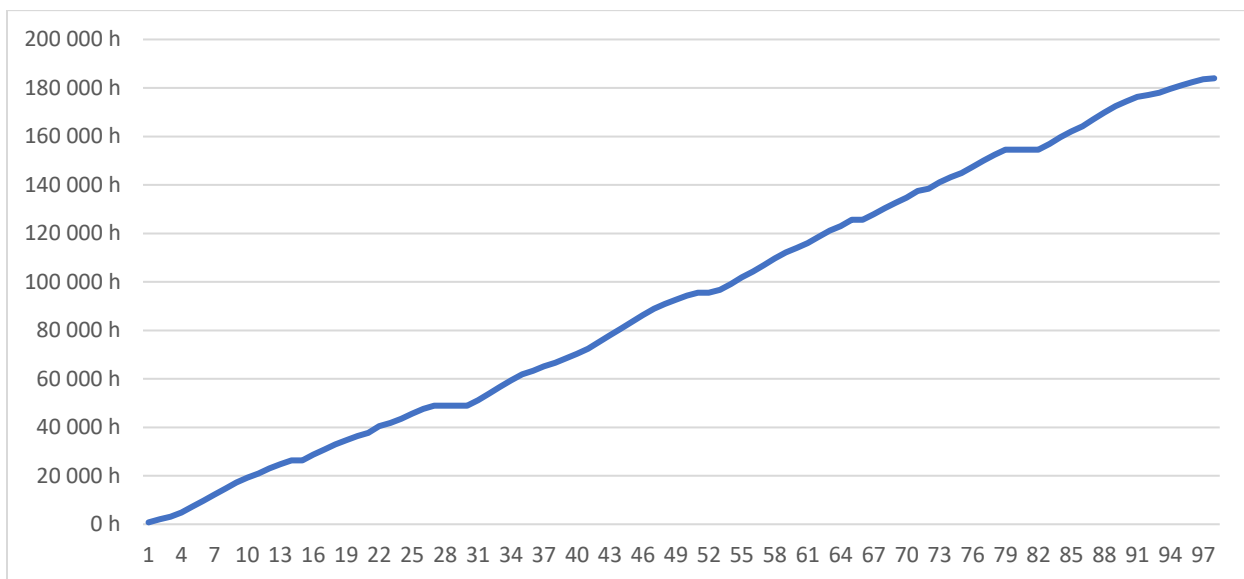
Arbeidstimen pr uke blir da:



Figur 20 Timeverk på byggeplass pr fag pr uke

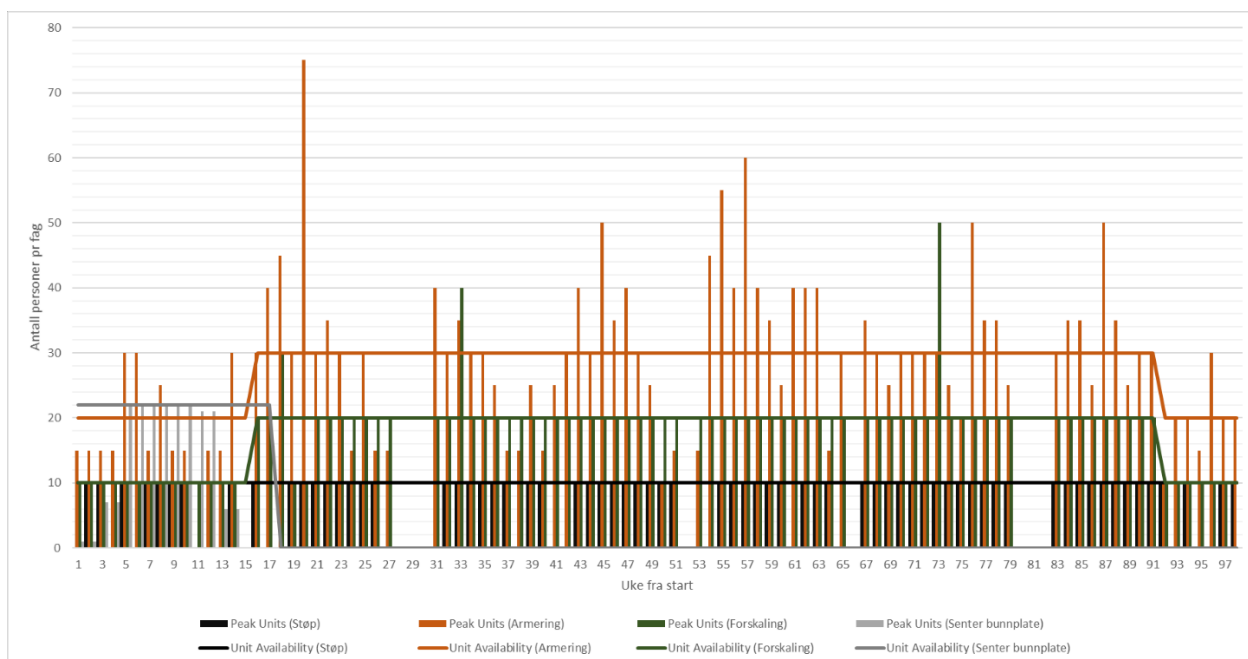


Figur 21 Totale timeverk pr uke

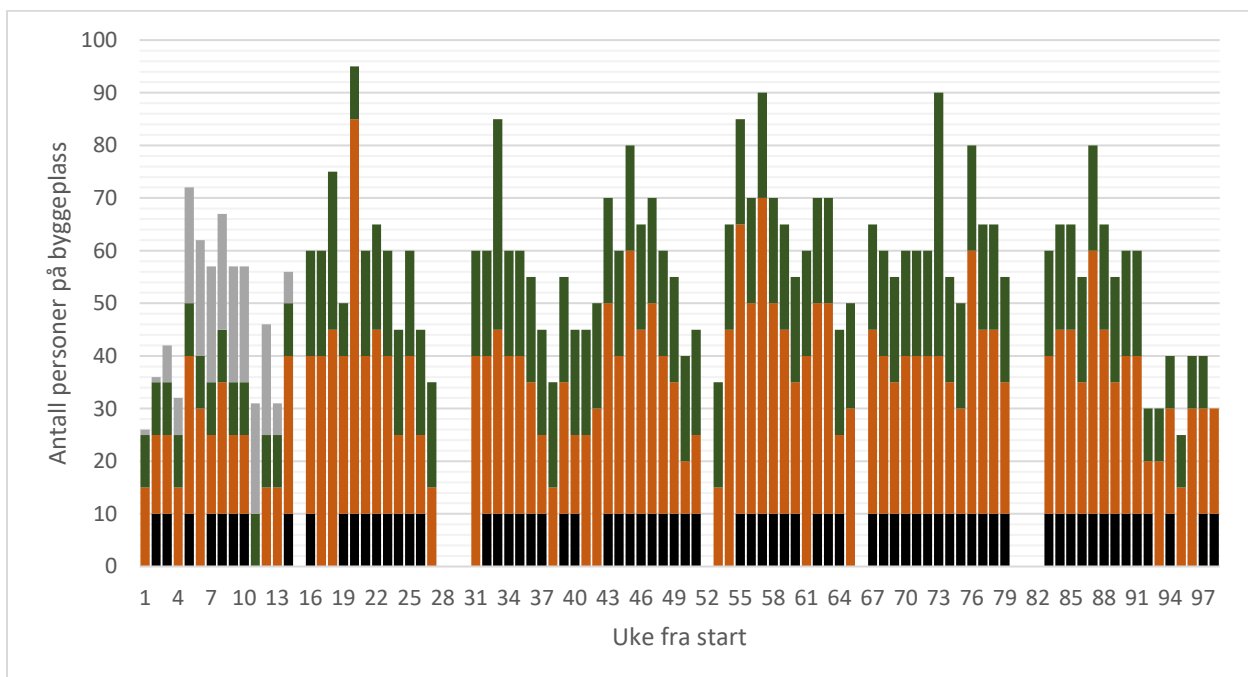


Figur 22 Akkumulerte timeverk

Arbeidsbelastningen er godt fordelt på støp og forskaling, mens på armering er det litt variabel belastning. Det kan reguleres ved å ha andre størrelser på lagene under byggeperioden enn 10-15 personer:



Figur 23 Antall personer pr fag på byggeplass pr uke

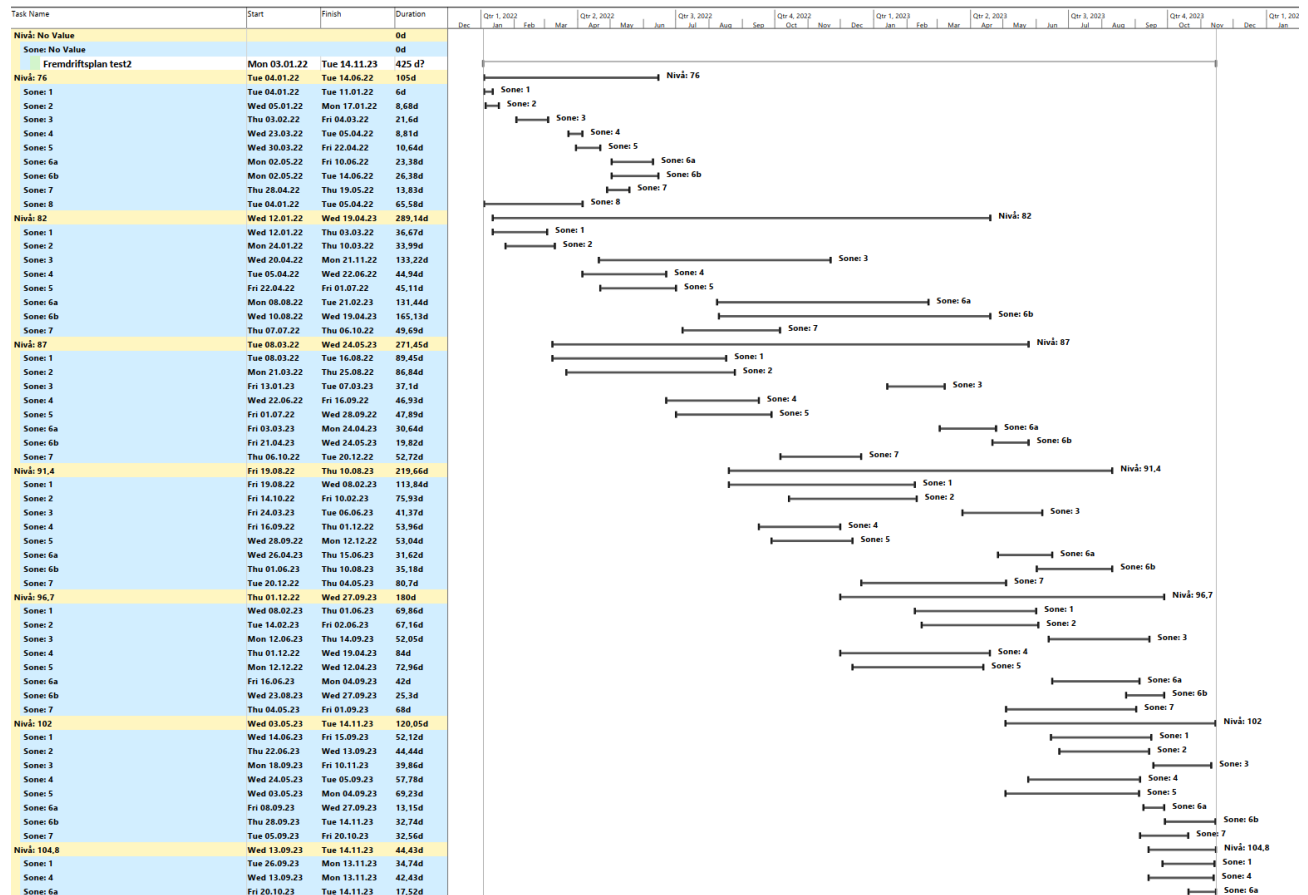


Figur 24 Antall personer på byggeplass pr uke

Ved en arbeidstidsordning med 2 uke jobb, 1 uke fri betyr det at det anslagsvis er behov for 60 personer på jobb og 30 på fri i snitt etter igangkjøringsperioden.

7.3 FREMDRIFTSPLAN

Fremdriftsplanen er koblet sammen slik at nivåene bygges i rett rekkefølge og at hjørne-sonene bygges før midt-sonene. Først støpes bunnplate, deretter yttervegg med ribber, innervegg og så mellomdekke til neste nivå. Se også Vedlegg 13 for forslag til fremdriftsplan.



Figur 25 En mulig fremdriftsplan for prosjektet

7.4 BYGGETID

Basert på forutsetningene i fremdriftsplanen får man en teoretisk byggetid på 425 arbeidsdager, som tilsvarer 1 år og 11 måneder inkludert vanlige ferie og helligdager.

Som følge av prosjektets høye krav til effektiv produksjon, parallelle aktiviteter både lokalt og for hele prosjektet, samt usikkerhetsmomenter belyst i kapittel 9, bør en fornuftig slakk introduseres i den totale fremdriftsplanen for å sikre en realistisk byggetid for prosjektet.

8 KRITISKE PREMISER OG ANBEFALINGER

Punktene under inkluderer forhold som er vurdert som mest kritiske og premissgivende for å kunne oppnå spesifisert kvalitet, og for å kunne utføre arbeidene innen den estimerte fremdriftsplanen. Punktene er ikke ført opp i en prioritert rekkefølge.

8.1 FORSKALINGSSYSTEM

Det er etter vår vurdering ikke anbefalt å anvende et standardisert forskalingssystem, da dette ikke vil være stivt nok til å kunne oppnå toleransekravene for innerveggene. Det bør derfor klart og tydelig settes krav til Entreprenøren om at en spesialforskaling, som er tilpasset toleransekravene og støpetrykket, må prosjekteres og anskaffes.

8.2 OPPSTILLING AV FORSKALING

Det er oppgitt svært strenge toleransekrav for utførelsen, og et viktig premiss for å kunne oppnå disse kravene er at man utøver særdeles aktsomhet når oppstillingen av forskalingen til innerveggen mot bassenget utføres. For å sikre riktig oppstilling, kan man med det foreslåtte forskalingssystemet justere posisjonen både ved å justere skråstøttene samt stramme/løse gjennomføringsstagene som brukes til å stabilisere forskalingen.

For å kunne verifisere at oppstillingen er riktig, må det settes høye krav til landmålings-arbeidene, og det må utarbeides detaljerte spesifikasjoner, krav og rutiner for å sikre at innmålingene kan utføres hurtig og med stor nøyaktighet.

8.3 UTSTØPING OG HERDING AV BETONG

For å oppnå de strenge toleransekravene er det vurdert som særdeles viktig å ha et stabilt og forutsigbart støpetrykk. For å kunne oppnå disse forholdene er det sterkt anbefalt at SKB benyttes. Grunnen til dette er at hvis man under utstøping holder enden av støpe-slangen rett under overflaten til den flytende betongen og kontinuerlig heiser den i takt med støpehastigheten, så vil man unngå forstyrrelser i betongen og den vil starte herdeprosessen før man har nådd full støpe-høyde. Man vil også unngå skjev fordeling av støpetrykket som følge av vibrering i felt av veggen, samt risikoen for menneskelig feil hvor vibratoren føres helt til bunnen av forskalingen når betongen er ferdig fordelt.

8.4 KRANKAPASITET OG BYGGEPLASSLOGISTIKK

I denne rapporten er det tatt som en forutsetning av det vil være kapasitet på byggeplassen til å både motta og støpe betong, samt at det er nok kraner tilgjengelig. Det er også forutsatt at arbeider med bunnplate (senter) og PIT må planlegges og utføres på en koordinert måte, slik at det ikke er til hinder for utførelse og plass for vegger og dekker. For å kunne sikre at fremdriftsplanen, som er foreslått i denne rapporten, er gjennomførbar, må det gjøres en grundig analyse og detaljplanlegging av hvordan byggeplassen og produksjonen kan gjennomføres, slik at man kan oppnå eller optimalisere de nødvendige kapasitetene. Det vil også være aktiviteter på flere objekter tilhørende OCS samtidig, noe som vil ytterlig kunne belaste de absolutte kapasitetene til byggeplassen.

8.5 LEDELSE, KOMPETANSE OG STYRING

For å overholde de angitte toleransekrav, vil det være særdeles viktig at man sikrer tilstrekkelig kompetanse og erfaring både i ledelsesledd og i utførelsesledd. I tillegg vil det være viktig å sikre at man har tydelige rutiner, prosedyrer og kontrollplaner, som er godt innarbeidet og forstått, og som følges opp tett.

8.6 PRØVESTØP

Som et ekstra tiltak for å sikre utførelsesmetode og oppnåelse av toleranser, anbefales at det foretas en teststøp av en 5m veggseksjon med det anbefalte forskalingssystemet. Dette kan eventuelt gjøres på en seksjon av ytterveggene, som ikke har de samme toleransekravene. Slik kan man fange opp eventuelle utfordringer eller feilkilder, og vurdere tiltak som kan sikre oppnåelsen toleransekravene.

9 USIKKERHETSVURDERING

Listen under inkluderer usikkerheter knyttet til vurderingene og anbefalingene i denne rapporten. Det påpekes at usikkerheter som kan slå ut i både positiv og negativ retning er inkludert.

ID	Beskrivelse	Konsekvens	Tiltak
1	Mangler i krankapasitet	Ineffektiv drift, forsinkelser, behov for reviderte fremdriftsplaner	Detaljvurdering omkring nødvendig krankapasitet for hele prosjektet, sørg for at nok kranoppstillings-plasser gjøres tilgjengelig
2	For lite plass i byggegropen	Ineffektiv drift, økt risiko for HMS-relaterte hendelser	God detaljplanlegging før oppstart
3	Svikt i betongleveransen	Kvalitetsavvik i støpt betong, kuldeskjøter, riss	Nøye planlegging av støpearbeider, back-up blandeverk
4	Adkomst fagarbeidere	Ineffektiv drift, forsinkelser	Implementer gode rutiner på inn- og uttransport av arbeidere, nøye planlegging av internlogistikk
5	Tilkomst byggematerialer	Ineffektiv drift, forsinkelser	Involvert de riktige funksjonærene i planleggingsfasen, bruk BIM for visualisering av internlogistikken, kartlegg muligheter for lagringsareal på utsiden av byggeplassen
6	Støpe-kompetanse	Kvalitetsavvik, ujevn kvalitet, ujevn finish på overflater	Spesifiser nødvendig kompetanse til anleggsleder og fagarbeidere i anbudsunderlaget. Vurder

			lignende krav som for dam-konstruksjoner eller andre massive betong-konstruksjoner
7	Manglende ledelse	Kvalitetsavvik, ineffektiv drift	KS/Prosedyrer, Oppfølging
8	Parallellitet - sjøbasseng	Forsinkelser, ineffektiv drift, kapasitetsbrist	Planlegging og koordinering
9	Utsprengning av byggegrop	Økte betongvolum, behov for ekstra sikring	Faglig og kontraktuell fokus på metode og utførelse av fjelluttak
10	Vinter/Vær/Vind	Ineffektiv drift, kvalitetsavvik,	Opparbeide fleksibilitet i produksjonsplaner
11	HMS, sikring i forbindelse med arbeid i høyden og sikring av fjellskjæringer	Skader på personell og materiell, forsinkelser, ineffektiv drift	Etabler gode rutiner for SJA og observasjoner, ha tidlige planleggingsmøter med utførende entreprenør, jevnlig inspeksjoner av HMS-tiltak.
12	Utskiftning av forskalingslementer	Økte kostnader	Sørg for at spesialforskalingen tilpasses prosjektets behov, benytt anerkjente leverandører av velprøvde systemer
13	Jevnhet av overflaten	Kvalitetsavvik	Benytt samme toleransekrav langs hele veggen
14	Definisjon av toleransekrav	Kvalitetsavvik	Det tillates kun avvik mot bassenget, slik at disse kan korrigeres uten betydelige kostnader eller innvirkninger for overflatens finish.

10 VEDLEGG

Vedlegg nr.	Tittel/filnavn	Beskrivelse
1	10216159-01-RIB-NOT-006 Byggemetode og kvalitetssikring av havbassenget	Notat
2	Havbasseng toleranser og deformasjon TEK 2020 10 07	Spesifikasjon
3	Møte NI MC 2020 09 10 SN	Presentasjon
4	Møte NI MC 2020 10 12	Presentasjon
5	Havbassenget_Betong, rev. 22.09.2020	3D-modell
6	Stasjonære kraner Havbasseng GH 2020 10 12	Tegninger
7	Kladd faseplan 24 sept 2020	Tegninger
8	PERI VARIO-GT-24	Produktkatalog
9	PERI MAXIMO	Produktkatalog
10	PERI Skydeck	Produktkatalog
11	PERI Cemflex	Produktkatalog
12	PERI ankerteknikk	Produktkatalog
13	Fremdriftsplan	Fremdriftsplan
14	Mengder	Mengder