

Publikasjon nr. 5

**Prosjektering og utførelse av
betongkonstruksjoner i vann**

Norsk Betongforenings publikasjoner er utarbeidet av fagpersoner utnevnt av Norsk Betongforenings styre. Det er gjort det ytterste for å sikre at innholdet er i samsvar med kjent viten på det tidspunktet redaksjonen ble avsluttet. Feil eller mangler kan likevel forekomme.

Norsk Betongforening, forfattere eller fagkomiteen har intet ansvar for feil eller mangler i publikasjonen og mulige konsekvenser av disse.

Det forutsettes av publikasjonen benyttes av kompetente, fagkyndige ingeniører med forståelse for begrensningene og forutsetningene som legges til grunn.

FORORD

Tilføyelse til Forord, utgave september 2011:

Revisjonen i 2011 omfatter kun en tilpasning til de nye standardene NS-EN 13670 og NS-EN 1992-1-1. Det er ikke gjort noen endringer av tekniske krav og anbefalinger utover dette, til tross for at det på enkelte punkter burde vært gjort endringer. Dette må komme i en noe mer omfattende revisjon senere.

Arbeidet er utført av Magne Maage.

Trondheim september 2011

Tilføyelse til Forord utgave oktober 2003:

I forbindelse med innføringen av NS-EN 206-1 og NS 3465, er publikasjonen ajourført med hensyn til henvisninger etc. Enkelte tekniske bestemmelser er også omformulert og liberalisert i henhold til erfaringene. De viktigste endringene er:

- armeringstetthet, pkt. A4.3.1/A4.3.2 og B8.6.1
- stigehastighet pkt. A2.3.3 og B6.5.4
- bruk av AUV-betong hvor det er frostpåkjenning, pkt. A2.1.4/A2.1.5 og B4.2.3.

Ajourføringen er utført av;

Reidar Kompen, Vegdirektoratet, Teknologivdelingen, Materialteknisk seksjon

Carl August Thoresen, Norconsult AS

Stein Fergestad, Aas-Jakobsen A/S

Steinar Fjeldheim, Vegdirektoratet, Teknologivdelingen, Bruteknisk seksjon

Johannes Mundal, Rescon Mapei AS

Jarle Hellum, Statens vegvesen Region Sør

Oslo, oktober 2003.

Norsk Betongforening utga i 1977 første utgave av Publikasjon nr.5 "Retningslinjer for prosjektering og utførelse av betongkonstruksjoner i vann". Revidert utgave av publikasjonen kom ut i 1980.

Bruken av retningslinjene ga en kvalitetsheving på betongarbeider i vann. Likevel registreres det fortsatt alt for hyppig skader på undervannskonstruksjoner. De senere årene er det kommet til nye hjelpestoffer og det er tatt i bruk nytt utstyr som har bedret mulighetene for å få gode resultater ved undervannsstøp. Konstruksjonspraksis synes imidlertid å ha blitt endret slik at risikoen for feil har økt.

Ved denne revisjonen er det lagt vekt på å ajourføre retningslinjene etter de erfaringene som foreligger med de nye materialene, samt utstyret og metodene som er kommet i bruk. Videre er det fokusert på mer detaljerte prosjekteringsanvisninger.

Publikasjonen omhandler kun betongkonstruksjoner utstøpt i vann, ikke tørrstøpte (prefabrikerte) konstruksjonsdeler plassert i vann. For senkekasser omhandles kun selve understøpen mot underlaget.

Publikasjonen introduserer to nye begreper: AUV-stoff og AUV-betong. Disse er forkortelser for anti-utvaskingstilsetningsstoff og for betong tilsatt slikt hjelpestoff.

Komiteen forutser at det fortsatt vil skje en betydelig utvikling av materialer, metoder og utstyr til undervannstøp. For at disse retningslinjene ikke skal bli til hinder for å ta i bruk forbedringer, er de redigert i 3 deler:

Del A. En produktspesifikasjon. Denne er ment å kunne henvises til eller inngå i en prosjektbeskrivelse eller kontrakt.

Del B. En veiledningsdel, d.v.s. orienterings- og lærebokstoff samt anbefalinger om konstruksjonsutforming og materialvalg/utførelse.

Del C. Reparasjon av støpefeil under vann.

De enkelte kapitlene utgjør en helhet, basert på dagens viten. Når nye metoder tas i bruk eller avvik fra retningslinjene gjennomføres, forutsettes det at det gjøres en bevisst og faglig kompetent tolkning av denne helheten.

Komiteen har bestått av:

Reidar Kompen, Statens Vegvesen - Veglaboratoriet (formann)

Erik Brandstadmoen, Selmer A/S

Stein Fergestad, Aas-Jakobsen A/S

Steinar Fjeldheim, Vegdirektoratet - Bruavdelingen

Johannes Mundal, Rescon A/S

Hanne Rønneberg, Aker Betong a.s

Carl August Thoresen, Berdal-Strømme a.s

Oslo, august 1994

INNHold

FORORD

DEL A: PRODUKTSPEsIFIKASJON	Side
1. Forutsetninger og definisjoner	A1
1.1. Sammenheng mellom utførelse og planer	A1
1.2. Grove og slanke konstruksjoner	A1
1.3. Betongtyper	A1
1.4. Kompetansekrav, prosjektering	A2
1.5. Kompetansekrav, utførelse	A2
1.6. Kompetansekrav, kontrollør	A3
2. Kvalitetskrav til produktet	A3
2.1. Betong	A3
2.2. Kombinasjon av betongtyper	A6
2.3. Krav til utførelse	A7
2.4. Krav til herdnet produkt	A8
2.5. Toleranser	A8
3. Dokumentasjon av kvalitet	A9
3.1. Prosjekteringskontroll	A9
3.2. Støpeplan	A9
3.3. Betongprøving	A10
3.4. Inspeksjoner	A10
3.5. Støperapport	A11
3.6. Utborede prøver, homogenitetskontroll	A12
3.7. Utborede kjerner, fasthetskontroll	A12
4. Prosjekteringsregler	A13
4.1. Spesielle regler ved beregning av kapasitet	A13
4.2. Armeringsdimensjoner	A15
4.3. Armeringsavstander	A15
4.4. Armeringsoverdekning	A16
4.5. Spesielle regler for direkte fundamentering	A17
4.6. Oppdrift	A17
4.7. Tilleggsmomenter	A18
4.8. Utmatting	A18
4.9. Bruk av betongforskaling	A18
4.10. Fastlegging av toleranser	A19
DEL B: VEILEDNING	
1. Generelt	B1
2. Metoder for undervannsstøp	B1
2.1. Konvensjonell dykket rørstøp	B1

2.2	Pumpestøp	B1
2.3.	Tobbstøp/bøttestøp	B2
3.	Betongegenskapenes og utførelsens innvirkning	
	på betongens utflyting	B3
3.1.	Hovedparametre	B3
3.2.	Utflytingsmønstre	B3
3.3.	Konsekvenser av dårlig utflyting	B5
3.4.	Effekten av dimensjoner og armering	B6
3.5.	Betongens plassering i forma	B7
3.6.	Vurdering av betongegenskapene	B8
3.7.	Forskalingstrykk	B8
4.	Materialer og betongframstilling	B9
4.1.	Delmaterialer	B9
4.1.1.	Sement	B9
4.1.2.	Silikastøv	B9
4.1.3.	Vann	B9
4.1.4.	Tilslag	B9
4.1.5.	Tilsetningsstoff	B10
4.2.	Betongsammensetning	B11
4.2.1.	Masseforhold	B11
4.2.2.	Fasthetsklasse	B12
4.2.3.	Bestandighet	B12
4.2.4.	Konsistens	B12
4.2.5.	Tilslagssammensetning	B12
4.2.6.	Reseptutprøving	B13
4.2.7.	Smøremasse	B13
4.3.	Støpelighetsprøving av undervannsbetong	B13
4.3.1.	Støpelighetsprøving, feltskala	B13
4.3.2.	Støpelighetsprøving, laboratorieskala	B15
4.3.3.	Vurdering av prøveresultatet	B15
4.4.	Betongproduksjon	B18
4.4.1.	Produksjonsanlegget	B18
4.4.2.	Blanding av AUV-betong	B18
4.4.3.	Rengjøring etter bruk av AUV-betong	B19
5.	Utstyr	B19
5.1.	Utstyr til konvensjonell dykket rørstøp	B19
5.1.1.	Arbeidsplattform	B19
5.1.2.	Støperør	B19
5.1.3.	Trakt, "vie"	B20
5.1.4.	Heiseutstyr	B20
5.1.5.	Ventil	B20
5.2.	Utstyr til pumpestøp	B22
5.2.1.	Pumpe	B22
5.2.2.	Pumperør/støperør	B23
5.2.3.	Ventil	B23
5.2.4.	Avstandspinne	B24

5.3. Utstyr for tobbstøp/bøttestøp	B24
6. Utførelse av undervannsstøp	B25
6.1. Generelt	B25
6.2. Valg av støpemetode og betongtype	B25
6.3. Underlag av løsmasser	B26
6.4. Avstand mellom støperør	B26
6.5. Gjennomføring av støp	B26
6.5.1. Støpeplan	B26
6.5.2. Oppstart av støp	B27
6.5.3. Smøring av støperør	B27
6.5.4. Stigehastighet	B28
6.5.5. Neddykkingsdybde	B29
6.5.6. Lodding	B29
6.5.7. Lekkasjer i formen	B29
6.5.8. Avslutning av undervannsstøp over vann	B29
6.5.9. Avslutning av støp under vann	B30
6.5.10 Avbryting av støp	B30
6.5.11 Rengjøring i støpeskjøter	B31
6.6. Bruk av stavvibrator ved undervannsstøp	B31
6.7. Understøp av senkekasser og prefabrikkerte fundamenter	B31
7. Forskaling og armering	B32
7.1. Forskaling	B32
7.1.1. Styrke og tetthet	B32
7.1.2. Overløp	B33
7.1.3. Stag	B33
7.1.4. Løsing og riving av forskaling	B33
7.1.5. Forskaling av tre	B33
7.1.6. Forskaling av spunt	B33
7.2. Armering	B33
8. Konstruktiv utforming	B34
8.1. Materialvalg	B34
8.2. Mål og dimensjoner	B34
8.3. Støpeskjøter og kontaktflater	B36
8.4. Spesiell forskaling	B38
8.5. Fjellbolter/fjellstag	B39
8.6. Armering	B40
8.7. Eksempler på typiske tilfeller der det er behov for statisk virkende armering	B41
8.7.1 Massivfundamenter	B41
8.7.2 Plater mot grunnen	B43
8.7.3 Slanke undervannspilarer	B43
9. Mengdeberegnings- og oppgjørsregler	B44

DEL C: REPARASJON AV STØPEFEIL I BETONGKONSTRUKSJONER UNDER VANN

1. Gyldighet og omfang	C1
2. Rengjøring av skadestedet	C1
2.1. Metoder for rengjøring	C1
2.1.1. Meisling	C1
2.1.2. Vannjet/vannmeisling	C1
2.1.3. Sandblåsing	C2
2.2. Tid fra rengjøring til utstøping	C2
3. Reparasjonsbehov	C2
3.1. Skadedybde 0 - 5 cm	C2
3.2. Skadedybde 5 - 25 cm	C3
3.3. Skadedybde over 25 cm	C3
4. Reparasjonsmetoder	C3
4.1. Kappestøp	C3
4.2. Mindre sår	C3
5. Betong	C3
6. Støpemetode	C3

APPENDIKS I:

DETALJERT UTFØRELSESBESKRIVELSE MED SJEKKLISTE

1. Forberedelse og kontroll før støp	1
1.1. Underlag og tilstøtende flater	1
1.2. Forskaling og armering	1
1.3. Betongforberedelser	2
1.4. Generell planlegging	2
2. Konvensjonell rørstøp	3
2.1. Før oppstart av støp	3
2.2. Oppstart av støp ("Ta slippet")	3
2.3. Videre oppfylling/utstøping	4
2.4. Avslutning av støp	8
3. Pumpestøp	8
3.1. Før oppstart av støp	8
3.2. Oppstart av støp, pumpestøp med ventil	8
3.3. Oppstart av støp, pumpestøp m/skumplastball	9
3.4. Videre oppfylling/utstøping	9
3.5. Avslutning av støp under vann	10

STIKKORDLISTE

DEL A

PRODUKTSPEKIFIKASJON

A1 FORUTSETNINGER OG DEFINISJONER

Prosjektering og utførelse av betongkonstruksjoner i vann skal være i henhold til NS-EN 1992-1-1, NS-EN 206-1 med Nasjonalt tillegg og NS-EN 13670 med de tillegg som er angitt i denne publikasjonen.

A1.1 SAMMENHENG MELLOM UTFØRELSE OG PLANER

Produktspesifikasjonen danner en helhet.

Konstruksjonen ansees å oppfylle forutsatte funksjons- og holdbarhetskrav dersom alle delspesifikasjoner

- pkt. A2: Kvalitetskrav til produktet
 - pkt. A3: Dokumentasjon av kvalitet
 - pkt. A4: Prosjekteringsregler
- er oppfylt.

A1.2 GROVE OG SLANKE KONSTRUKSJONER

Material- og prosjekteringsreglene er nyansert etter konstruksjonens dimensjoner

Med "grove konstruksjoner" forstås plater, fundamenter e.l. med tverrsnittsareal i horisontalplanet større enn 4 m^2 .

Med "slanke konstruksjoner" forstås pilarer, søyler e.l. med tverrsnittsareal i horisontalplanet mindre eller lik 4 m^2 .

Veggskiver med tykkelser $< 1 \text{ m}$ kan som hovedregel betraktes som "slanke konstruksjoner" i det utstøpingen normalt kan utføres over begrensede lengder om gangen.

A1.3 BETONGTYPER

I publikasjonen er benyttet uttrykkene "AUV-betong" og "Normalbetong".

Med begrepet "AUV-betong" skal forstås betong tilsatt AUV-stoff (anti-utvaskings tilsetningsstoff) i slik dosering og med slik sammensetning forøvrig at den tilfredsstiller de krav til utvaskingsmotstand og utflytingsevne som er angitt i pkt. A2.1.6.

Med begrepet "Normalbetong" skal forstås betong uten AUV-stoff, eller med slik AUV-dosering og betongsammensetning at kravene til AUV-betong ikke oppfylles.

A1.4 KOMPETANSEKRAV, PROSJEKTERING

A1.4.1

Konstruktøren skal tidligere ha deltatt i prosjektering av betongkonstruksjoner av tilsvarende type under vann, og kunne dokumentere kompetanse fra tilsvarende konstruksjoner. Videre må han kjenne prinsippene for utførelse av betongstøp i vann, og hvilke prosjekteringsdetaljer som vil bidra til å sikre et godt støperesultat.

A1.5 KOMPETANSEKRAV, UTFØRELSE

A1.5.1

Betongarbeider i vann skal planlegges, utføres og dokumenteres under ledelse av en produksjonsleder.

A1.5.2

Den utførendes anleggsleder (byggeplass-sjef) skal utnevne produksjonsleder, som har det overordnede ansvaret for at alt arbeid blir planlagt og utført i samsvar med gjeldende regelverk, at kontroll og dokumentasjon, inklusive dagbokføring, blir gjennomført i foreskrevet omfang, og at byggherrens byggeleder blir underrettet om planer og utførelse.

A1.5.3

Produksjonsleder, formann/bas og kontrollleder skal tilfredsstille kravene i Nasjonalt Tillegg til NS-EN 13670 til kvalifikasjoner som beskrevet for Utførelsesklasse 3.

A1.5.4

Betongprodusent skal tilfredsstille kvalifikasjonskravene gitt i Nasjonalt Tillegg til NS-EN 206-1, og være sertifisert for levering av betong i kontrollklasse "Utvidet kontroll" (Utførelsesklasse 3).

A1.5.5

Produksjonslederen skal gjennom utdanning og praksis ha opparbeidet spesielle kvalifikasjoner for ledelse av betongarbeider i vann. Produksjonslederens erfaring i lignende arbeider skal dokumenteres.

A1.5.6

Ved større betongarbeider under vann, skal også produksjonslederens nøkkelmedarbeidere ha erfaring i tilsvarende arbeider. Det skal legges vekt på at hele mannskapet skal fungere som et lag.

A1.5.7

Dykkere skal ha dokumentert erfaring fra betongarbeider i vann.

A1.6 KOMPETANSEKRAV, KONTROLLØR**A1.6.1**

Betongarbeider i vann skal kontrolleres av byggherren eller av særskilt engasjert kontrollør som er uavhengig av det foretaket som utfører arbeidet. Den utførte kontroll skal dokumenteres. Det vises til NS-EN 13670 pkt 4 med Nasjonalt Tillegg.

A1.6.2

Byggherrens kontrollør, eller den særskilt engasjerte kontrolløren, skal ha god kjennskap til betongteknologi og til utførelse av betongkonstruksjoner i vann. Kontrolløren skal tidligere ha deltatt ved utførelse og kontroll av tilsvarende type konstruksjoner i vann, og kunne dokumentere erfaring med betongstøp i vann og betongkontroll.

A1.6.3

Den utførendes kontrollleder skal oppfylle kompetansekravene gitt i Nasjonalt Tillegg til NS-EN 13670.

A2 KVALITETSKRAV TIL PRODUKTET

Kravene gitt nedenfor gjelder både Normalbetong og AUV-betong.

A2.1 BETONG**A2.1.1**

Fasthetsklasse for betong utstøpt i vann skal være minimum B30. Det skal ikke prosjekteres med høyere fasthetsklasse enn B45 med Normalbetong og B35 med AUV-betong.

A2.1.2

Betongsammensetningen skal tilfredsstillе følgende krav, som gjelder uavhengig av bestandighetsklasse:

- innholdet av silikastøv skal være minimum 4 vekt% av sementmengden.
- sementmengde pluss tilsetningsmaterialer (slag, flygeaske eller silikastøv) ganget med sin virkningsfaktor ($c + \sum k \cdot p$) skal være minimum 430 kg/m^3

- betongens finstoffinnhold (bindemiddel + tilslag < 0.25 mm) skal være minimum 530 kg/m^3 .
- doseringen av vannreducerende/dispergerende tilsetningsstoff (P+SP+R) skal være så høyt at alle typer finstoff med sikkerhet blir dispergert.
- masseforholdet $m = v/(c + \sum k \cdot p)$ skal være høyst 0.40.
Verdier for virkningsfaktoren k er gitt i Nasjonalt Tillegg til NS-EN 206-1.
- ved beregning av masseforholdet m , skal det i vannmengden v inkluderes alt vann (tilsatt blandevann, vann i tilsetningsstoff og eventuelt silikaslurry samt fukt i tilslag), med unntak av absorbert fukt i tilslag.
- betongens kloridinnhold skal tilfredsstillere
 - * klasse Cl 1,0 for uarmerte konstruksjoner
 - * klasse Cl 0,20 for armerte konstruksjoner
 - * klasse Cl 0,10 for konstruksjoner med spennarmering

A2.1.3

Sjøvann tillates ikke brukt til permanente armerte konstruksjoner, kfr. NS-EN 206-1 med Nasjonalt Tillegg.

Sement skal tilfredsstillere NS-EN 197-1 eller NS 3098. I sjøvann og brakkvann benyttes fortrinnsvis sement med et C_3A -innhold på 5-8 %.

Silikastøv skal tilfredsstillere NS-EN 13263.

Tilslag skal tilfredsstillere NS-EN 206-1 med Nasjonalt Tillegg. Tilslaget skal være testet for mulig alkalireaktivitet etter Nasjonalt Tillegg til NS-EN 206-1. Dersom tilslaget karakteriseres som mulig reaktivt, må øvrig materialvalg og betongsammensetning være slik at betongen totalt sett kan karakteriseres som ikke-reaktiv i henhold til Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 21.

Generelt skal tilslaget velges og settes sammen med henblikk på best mulig støpelighet. Fortrinnsvis benyttes ren naturgrus som fint tilslag, og singel med $D_{\max} \leq 22$ mm som grovt tilslag. (Se også pkt. B4.1.4 og B4.2.5)

Vanlige tilsetningsstoffer for betong skal være godkjente etter NS-EN 206-1 med Nasjonalt Tillegg.

AUV-stoffets egenskaper skal være dokumentert av leverandøren med hensyn til sammenhørende verdier av AUV-dosering, utflytningsevne, utvaskingsmotstand, utflytningshastighet, størkningstid og utvikling av trykkfasthet. Dokumentasjonen skal være i henhold til NS-EN 934-2 og betongsammensetning i samsvar med denne publikasjonen.

Prøvingen av støpelighetsegenskaper kan være utført etter metoden i pkt. B4.3.2. Dersom denne metoden er benyttet, skal AUV-stoffet ved maksimal anbefalt dosering, dokumentere evne til å gi en OH⁻ utvasking i vannet som ikke overstiger 5 mg pr. liter, samtidig som kravet til utflyting i pkt. A2.1.6 (minimum 80 mm ved

"punkt D") er oppfylt. Utvasket OH⁻ mengde bestemmes ved pH-måling før og etter utflyting.

A2.1.4

Betong som kan bli utsatt for gjentatt frysing/ting i fuktig tilstand, skal tilsettes luftinnførende tilsetningsstoff til et luftinnhold på $5 \pm 1,5$ %, målt i fersk betong før utstøping.

Når undervannsstøp skifter fra ikke-luftinnført betong til luftinnført betong, bør overgangen gjøres på et nivå ikke høyere enn 2 m under laveste lavvann.

A2.1.5

AUV-betong kan benyttes der betongen blir permanent neddykket under frostfri dybde. AUV-stoff skal ikke benyttes der det er fryse/tine-belastning uten at betongens frostbestandighet er dokumentert, eller at anvendelsen er spesielt vurdert. (AUV-betong lar seg ikke luftinnføre, men kan likevel være å foretrekke på grunn av sikrere/mer kompakt utstøping.) Se B4.2.3.

A2.1.6

For AUV-betong gjelder spesielle krav til utvaskingsmotstand og utflytingsevne. I tillegg til disse kravene, bør også andre støpelighetsegenskaper vurderes. (Utflytingshastighet, separasjonstendens, retardasjon etc, se pkt. B4.1.5.)

Kravene til AUV-betongens støpelighetsegenskaper nyanseres etter konstruksjonens dimensjoner og utforming, samt etter anvendt støpemetode.

AUV-doseringen og betongsammensetningen for øvrig, skal være slik at betongens utflyting ved prøving på støpededet, etter metoden beskrevet i pkt. B4.3.2, oppfyller følgende krav:

Støpemetode	Minimum høyde "punkt D"
Tobbstøp / Bøttestøp	80 mm
Rørstøp / Pumpestøp, slanke konstruksjoner	10 mm
Rørstøp / Pumpestøp, grove konstruksjoner	80 mm

AUV-doseringen skal dessuten minst være så høy som leverandøren anbefaler ved den aktuelle støpemetoden i sin produktdokumentasjon. (Kfr. pkt. A2.1.3).

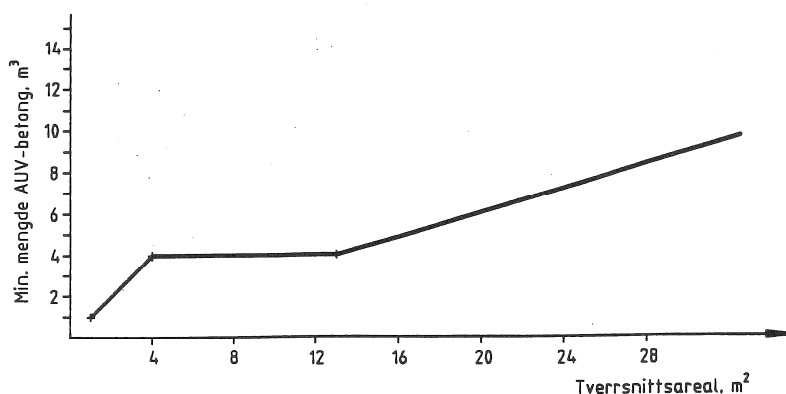
AUV-betongens utflytingsegenskaper skal være dokumentert før utstøping i byggverket starter. Dersom omfattende dokumentasjon med det aktuelle AUV-stoffet i tilsvarende resepter foreligger, kan dette framlegges som grunnlag for godkjenning av oppstart utstøping.

Den som utfører støpearbeidet, skal sørge for at utstyr for prøving etter metoden i pkt. B4.3.2 finnes på støpestedet ved bruk av AUV-betong. Dersom utflytingsevnen for den aktuelle betongen ikke er dokumentert på forhånd, skal denne kontrolleres ved oppstart av utstøpingen.

A2.2 KOMBINASJON AV BETONGTYPER

A2.2.1

I de tilfeller støpingen starter med AUV-betong og etterpå fortsetter med Normalbetong, skal mengden AUV-betong minst være som angitt i Figur A2.2.1. Utstøping med Normalbetong må følge **umiddelbart** etter AUV-betongen, uten noe opphold eller avbrudd i støpingen. (Bemerk at støpemetoden kan begrense hvor stor mengde AUV-betong som praktisk lar seg benytte, kfr. pkt.B6.2.)



Figur A2.2.1 Minimum mengde AUV-betong avhengig av tverrsnittsarealet horisontalt.

Gjennomsnittshøyde av AUV-betong:

Areal $< 4 \text{ m}^2$: min. 1 m

Areal $> 13 \text{ m}^2$: min. 0.3 m

A2.2.2

Der støpingen har forløpt med Normalbetong, skal den ikke fortsette eller avsluttes med betong tilsatt AUV-stoff, av hensyn til risikoen for innkapsling av slamlommer.

A2.2.3

AUV-betong og Normalbetong spesifiseres som separate poster i mengdefortegnelsen.

A2.3 KRAV TIL UTFØRELSE

A2.3.1

Betongarbeider i vann skal utføres etter faglig anerkjente metoder, hvor det skal legges vekt på at kombinasjonen av utstyr, utførelse og materialer passer til hverandre og gir sikkerhet for resultatet.

A2.3.2

Ved utførelse av rørstøp (konvensjonell dykket rørstøp eller pumpestøp) skal spesielt

- støperør inkl. skjøter være vanntette
- typen ventil være egnet for den valgte kombinasjonen av støpemetode og materiale. Se pkt. B5.1.5
- neddykkingsdybden av støperør i fersk betong være minst 0.7 m. Se pkt. B6.5.5. Under utførelsen skal det kontrolleres kontinuerlig at neddykkingsdybden er tilfredsstillende.

A2.3.3

Stigehastigheten i formen skal være så høy at betongens utflyting ikke reduseres på grunn av konsistens-/støpelighetstap. Med hensyn til støpelighetstap, må også tiksotropisk tilstivning tas i betraktning. Se pkt. B6.5.4.

Ved bruk av Normalbetong, skal stigehastigheten i formen, regnet som gjennomsnitt over en periode på henholdsvis 1 time og 3 timer, være:

Varighet av støping med Normalbetong	Gj.snitt over 1 time	Gj.snitt over 3 timer
≤ 4 timer	0,35 m/time	0,4 m/time
> 4 timer	0,5 m/time	0,6 m/time

Dersom det benyttes en tilsetningsstoff kombinasjon, som med den aktuelle sementen og de aktuelle temperaturforholdene, resulterer i at betongens flyteevne holder seg tilnærmet uendret lenger enn 4 timer, og dette påvises ved forhåndsprøving med relevante metoder (for eksempel synkmål eller utbredelse, men ikke størkning), kan kravene til stigehastighet reduseres tilsvarende. Forslag om redusert stigehastighet og grunnlaget for dette skal forelegges byggherren for godkjenning.

Ved bruk av AUV-betong, må krav til stigehastighet stilles på grunnlag av forhåndsprøving eller generell erfaring med hensyn til bibehold av flyteevne over tid, og i hvilken grad AUV-stoffet kombineres med andre tilsetningsstoffer. Kravene til stigehastighet kan variere fra de som er angitt for Normalbetong ovenfor, til min. 0,1 m/time når støpingen med AUV-betong varer høyst 12 timer, min. 0,25 m/time når støpingen varer lenger enn 12 timer.

Valg av betongtype basert på 4 timers grensen, forutsetter at det gjøres en realistisk vurdering av betongframstillings-, tilførsels- og utstøpingskapasiteten i det aktuelle tilfellet. Ved lang støperørgate, spesielt ved lange slangeutlegg, reduseres utstøpingskapasiteten betraktelig. Dersom stigehastigheten vurderes til å komme ned mot grenseverdiene overfor, bør det vurderes å retardere betongen spesielt.

A2.3.4

Utsøping skal starte i formens laveste punkt. Se pkt. B6.5.2.

A2.4 KRAV TIL HERDNET PRODUKT

A2.4.1

Utsøpt og herdnet betong skal være homogen og tett, uten steinreir, hulrom eller slamlommer. All forskaling, unntatt betongforskaling, ishud eller annen forskaling som er forutsatt å bli stående, skal fjernes for fullstendig inspeksjon av alle betongoverflater.

A2.4.2

Alle forskalingsstag skal fjernes hvor annet ikke er angitt. Staghull som er foret med plastrør eller tilsvarende, kan bli stående åpne. Der hvor konstruksjonen skal være tett mot ensidig vanntrykk, benyttes spesielle stag utformet med vanntetting.

A2.4.3

Horisontale betongoverflater utsøpt i vann og som det senere skal støpes mot (konstruktive støpeskjøter i vann), skal rengjøres for eventuelt slam og mørteloverskudd. Alle flater det støpes mot skal være rengjort for begroing. Se pkt. B6.5.11.

A2.4.4

For undervannsstøpte konstruksjoner stilles ingen tallfestede krav til maksimal temperatur eller temperaturgradienter under herdefasen. Fersk betong temperatur og bindemiddelmengde, samt utførelse, bør likevel velges med henblikk på lavest mulige temperaturspenninger.

A2.5 TOLERANSER

A2.5.1

Dersom ikke annet er angitt i produksjonsunderlaget, gjelder følgende verdier for sammensatt byggtoleranse for det enkelte konstruksjonselement i vann:

Tillatt avvik:

± 250 mm for grove konstruksjoner

± 100 mm for slanke konstruksjoner

Det vises til pkt. A4.10 og pkt. B8.2.4

A2.5.2

Toleranse for tverrsnittsavvik: ± 10%, maks 100 mm

Toleranse for loddavvik: 12 ‰.

Toleranse for overdekning er angitt i pkt. A4.4.2.

Overdekningen kan i tillegg overstige den teoretiske overdekningen like mye som betongoverflaten ligger utenfor teoretisk beliggenhet.

A3 DOKUMENTASJON AV KVALITET

Materialer og dokumentasjon av disse skal tilfredsstillende NS-EN 206-1 med Nasjonalt Tillegg. All utførelse og dokumentasjon av denne skal minimum tilfredsstillende NS-EN 13670 med Nasjonalt Tillegg for Utførelsesklasse 3. Kravene nedenfor vil supplere og gå utover disse standardene.

A3.1 PROSJEKTERINGSKONTROLL

Konstruksjonsberegninger og tegninger skal kontrolleres i henhold til NS-EN 1990 med Nasjonalt Tillegg.

A3.2 STØPEPLAN

A3.2.1

Ved større eller spesielt viktige undervannsarbeider, skal det utarbeides en egen plan for utførelsen, kfr. pkt. B6.5.1. I god tid før utførelsen starter, skal utførelsesforutsetningene og planene gjennomgås av den prosjekterende, den utførende og av byggeleder/ kontrollør i fellesskap.

A3.2.2

Minst 1 uke før undervannstøp utføres, skal den endelige støpeplanen overleveres byggherren. Planen skal være utarbeidet under ledelse av og være underskrevet av produksjonslederen.

A3.2.3

Før utstøping starter, skal det kontrolleres at alt nødvendig utstyr er på plass og fungerer, og at alt forutsatt personale er på plass.

A3.3 BETONGPRØVING**A3.3.1**

Betongprøving skal utføres i henhold til NS-EN 206-1 med Nasjonalt Tillegg og NS-EN 13670 med Nasjonalt Tillegg for hvert enkelt støpeavsnitt. Prøvehyppigheten for hver betongtype og for hvert støpeavsnitt skal for betong utstøpt i vann være:

Betongvolum	Min. antall prøver
$< 200 \text{ m}^3$	1 prøve per påbegynt 50 m^3
$\geq 200 \text{ m}^3$	1 prøve per påbegynt 100 m^3 minst 4 prøver

A3.3.2

Betongprøvingen skal omfatte trykkfasthet og densitet. I forbindelse med prøvetaking og utstøping av prøvestykker, måles også betongens konsistens og temperatur, samt luftinnhold for betong med krav til luftinnhold.

A3.3.3

Masseforholdet skal kontrolleres minst én gang per skift.

A3.3.4

Betongprøvene skal tilfredsstillе kravene i NS-EN 206-1 med Nasjonalt Tillegg til den spesifiserte fasthetsklassen. Karakteristisk fasthet beregnes for samtlige prøver av hver enkelt kvalitet/resept, uavhengig av støpeavsnitt og konstruksjonsdel.

A3.4 INSPEKSJONER

Hver kritisk fase i undervannsarbeidene skal dokumenteres av entreprenøren ved inspeksjonsrapport. Denne kan inneholde fotografier og eventuelt videoopptak.

A3.4.1

Profilering av bunn med dybdemåling før graving, før sprengning og etter rensk inngår i det ordinære oppmålingsarbeidet.

A3.4.2

Etter klargjøring av byggegrop (ferdig graving, eventuell fjellsprenkning og rensk) før betongarbeider starter, skal fundamenteringsforholdene dokumenteres. Fjellkvalitet og eventuelle slepper kartlegges. Dyppunkter/dyprenner og fjellhelning/profiler registreres, bl.a. som grunnlag for å planlegge støpeutførelsen.

A3.4.3

Etter riving av forskaling, skal alle betongoverflater inspiseres av dykker m.h.t. eventuelle støpesår. Spesielt skal bunnsonen for pilarer og vegger, samt støpeskjøter undersøkes for eventuelle støpefeil og sår. Hvor det eventuelt mistenkes slamlommer e.l. kontrolleres ytterligere med egnet redskap.

A3.4.4

Datert og signert rapport med angivelse av alle inspeksjonsresultater overleveres byggherren.

A3.4.5

Dykkerinspeksjoner, unntatt oppmåling (pkt.A3.4.1), skal avregnes separat. Eventuelle tilleggsinspeksjoner rekvireres av byggherren hver gang.

A3.5 STØPERAPPORT**A3.5.1**

I dagbok eller i egen støperapport skal føres alle opplysninger og observasjoner som har betydning for vurdering av arbeidene.

A3.5.2

Senest 2 uker etter støp, skal støperapport overleveres byggherren. Rapporten skal inneholde alle kontrollresultater som foreligger inntil da, samt notater om dykker-observasjoner under støping, tidspunkter og alle hendelser som kan ha betydning for vurdering av resultatet.

Rapporten skal blant annet inneholde:

- Tidspunkt for begynnelse og avslutning av støp
- Resultat av fortløpende loddinger, neddykkingsdybde for støperør
- Dykkerens observasjoner
- Resultater av betongkontroll
- Eventuelle avbrudd i støpingen
- Om enkelte deler av utstyret har voldt problemer
- Værforhold
- Resultater av etterkontrollen, kfr. pkt. A3.4

A3.6 UTBOREDE PRØVER, HOMOGENITETSKONTROLL

A3.6.1

For grove konstruksjoner (kfr. pkt. A1.2), bør som hovedregel betongens utstøping og homogenitet kontrolleres med kjerneboring. Kjernediameter skal være minst 40 mm. Uttakssteder for kjerneprøver fordeles over støpeavsnittet. Enkelte kjerner skal bores ut fra steder hvor betongutflytingen er mest kritisk, i hjørner etc. Kjerneboring skal ikke utføres før betongen har oppnådd så stor fasthet at betongen tåler det og kjernene unngår å bli skadet. Borhull skal fylles fullstendig med egnet sementmørtel.

A3.6.2

Fra overkant til underkant konstruksjon utbores vertikalt en kjerne per påbegynt 25 m² tverrsnittsareal i horisontalplanet. For konstruksjonsdybde utover 3 m, plasseres foringsrør for dypere kjerneboring.

A3.6.3

Uttak av kjerneprøver for homogenitetskontroll, samt eventuelle foringsrør for dyp kjerneboring, angis som egne poster i mengdefortegnelsen.

A3.7 UTBOREDE KJERNER, FASTHETSKONTROLL

A3.7.1

Dersom det er angitt i produksjonsunderlaget, skal in situ fasthet dokumenteres ved utborede kjerneprøver uavhengig av hvilke resultater utstøpte prøver har vist. Sted, dybde og omfang av kjerneuttak angis i produksjonsunderlaget.

A3.7.2

Kjerner skal bores ut og prøves i henhold til NS-EN 12504-1. Av hver kjerne tildannes minst 2 stk. prøvelegemer. Trykkfastheten for hver enkelt prøvefasthet (middel av min. 2 prøvelegemer) skal tilfredsstillende minst 70 % av spesifisert karakteristisk fasthet i henhold til NS-EN 1992-1-1 med Nasjonalt Tillegg. Det vil si sylinderfasthet minst $35 \text{ MPa} \times 0,7 = 24,5 \text{ MPa}$ for fasthetsklasse B35 ved herding tilsvarende 28 døgn ved +20°C.

Dette avviket fra norsk standard har sammenheng med at det i prosjekteringen skal være benyttet en reduksjonsfaktor for dimensjonerende fastheter som angitt i pkt. A4.1.1.

A3.7.3

Kjerneboring skal ikke utføres før betongen har tilstrekkelig fasthet til å tåle boringen. Borhull skal fylles fullstendig med egnet sementmørtel. Fasthetsprøver kan benyttes til homogenitetskontroll.

A3.7.4

Uttak av kjerneprøver samt fasthetskontroll av disse, angis som egne poster i mengdefortegnelsen.

A4 PROSJEKTERINGSREGLER

Prosjektering av betongkonstruksjoner utstøpt i vann skal utføres i overensstemmelse med de krav og bestemmelser som er spesifisert her. De gitte kravene vil både supplere og gå utover Norsk Standard.

A4.1 SPESIELLE REGLER VED BEREKNING AV KAPASITET

Fasthetsklasse velges i henhold til pkt. A2.1.1.

Ved prosjekteringen må den prosjekterende ta stilling til hvilken type betong som skal benyttes; Normal- eller AUV-betong (kfr. pkt. A1.3), eller en kombinasjon av begge betongtypene (kfr. pkt. A2.2 og B6.2), fordi dette har innvirkning på detaljutformingen av konstruksjonen.

A4.1.1

Det har vært norsk praksis å ta hensyn til at kompleksiteten ved støping i vann kan innebære både redusert fasthet i de utstøpte delene og at toleranser og armeringsposisjon kan påvirkes negativt under utstøpingen. Dette gjøres gjennom bruk av reduksjonsfaktorer for henholdsvis betongens dimensjonerende fasthet f_{cd}^* og armeringens dimensjonerende fasthet f_{yd}^* . For betongen er det vanlig å bruke en reduksjonsfaktor på 0,8 og for armeringsstål på 0,9:

$$f_{cd}^* = 0,8 f_{cd}$$

og

$$f_{yd}^* = 0,9 f_{yd}$$

Der f_{cd} og f_{yd} er i henhold til NS-EN 1992-1-1 med verdier for de nasjonalt bestemte parametre i henhold til NS-EN 1992-1-1+NA.

A4.1.2

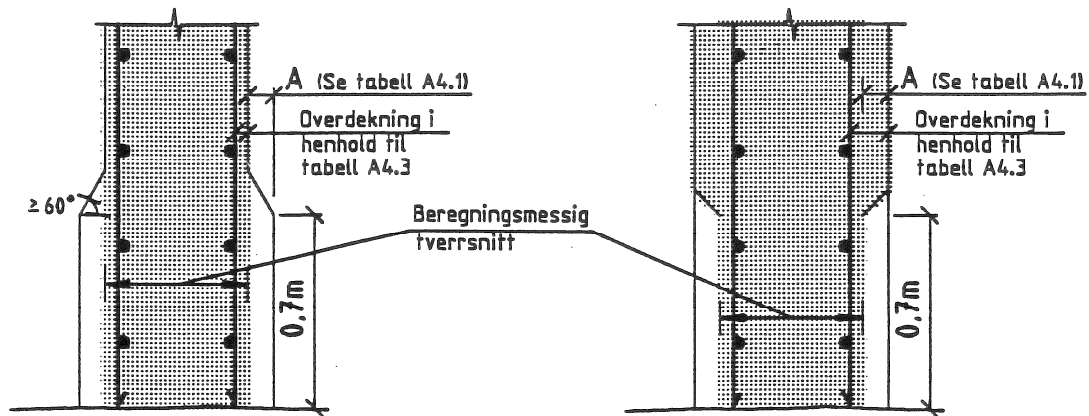
Ved dimensjonering av tverrsnitt i overgang til undergrunn eller støpeskjøter under vann, skal tverrsnittsmålene reduseres med A mm i hver ende, se tabell A4.1 og figur A4.1.2.

TABELL A4.1

	A, mm	A, mm
Konstruksjonstyper	Slanke	Grove
AUV-betong	0	50
Normalbetong	100	200

Konstruksjons,- og betongtyper kfr. pkt. A1.2 og A1.3

Når støpen starter med AUV-betong og fortsetter med Normalbetong, kan verdiene for AUV-betong brukes.



Figur A4.1.2 Konstruksjonsutforming som vist i figuren til høyre gir mulighet for "negativ" overdekning. Dette medfører at denne løsningen, som uansett er uheldig, forutsetter bruk av AUV-betong dersom armeringen er nødvendig i det kritiske området.

A4.1.3

Dersom spunt benyttes som forskaling, skal tverrsnittsmålene regnes til vertikale plan gjennom innerkant spunt. Ved dimensjonering, skal disse tverrsnittsmålene reduseres med A mm i hver ende, se tabell A4.1.

I prosjektbeskrivelsen skal det angis toleranser for plassering av spunt under vann.

A4.1.4

Ved dimensjonering av konstruksjoner utstøpt i vann der toppflaten avsluttes i vann, skal de øverste A mm ikke medregnes statisk, se tabell A4.1.

A4.2 ARMERINGSDIMENSJONER

A4.2.1

Ved undervannsstøp skal det ikke brukes hovedarmering med mindre diameter enn 20 mm.

A4.2.2

Bøylearmering skal ikke ha mindre diameter enn 12 mm.

A4.2.3

Buntet armering tillates ikke.

A4.3 ARMERINGSAVSTANDER

A4.3.1

Senteravstand C mellom armeringsjern i samme lag må være så stor at betongens utflyting ikke hindres i vesentlig grad, kfr. B8.6.1. Ved armering i flere lag, må senteravstanden i lag nr. 2 være lik eller et multiplum av senteravstanden i 1. lag, slik at armeringsjernene flukter.

Med hensyn til minste tillatte **frie åpning** mellom armeringsjern, inndeles det i to kategorier:

Kategori 1: - Slanke konstruksjoner ($A \leq 4 \text{ m}^2$, kfr. A1.2), eller
 - konstruksjoner hvor hele utstøpingen fullføres på kortere tid enn 4 timer, eller
 - konstruksjoner som utstøpes med stigehastighet større enn 1,5 m/time.

Kategori 2: - Alle konstruksjoner som ikke kommer i kategori 1.

Minste tillatte frie åpning mellom armeringsjern er gitt i tabell A4.2.

TABELL A4.2

Konstruksjon	Kategori 1	Kategori 2
AUV-betong	100 mm	150 mm
Normalbetong	150 mm	200 mm

Med hensyn til betongtyper, kfr. pkt. A1.3.

Tallverdiene i tabell A4.2 forutsetter bruk av betong med $D_{\max} = 16 \text{ mm}$. Ved større $D_{\max}$ bør verdiene økes. Når støpen starter med AUV-betong og fortsetter med Normalbetong, skal verdiene for Normalbetong i tabellen brukes.

A4.3.2

I skjøteområder skal den frie åpningen mellom armeringsjern ikke være mindre enn 80 % av verdiene gitt i tabell A4.2. Dersom den frie åpningen i skjøteområder er mindre enn verdiene i tabell A.4.2, skal maks. 25 % av armeringen skjøtes i samme snitt.

For søyler med tverrsnittsareal under 1 m², skal den frie avstanden mellom armeringsstenger være minst 80 mm. Dette gjelder også for skjøteområder.

I de tilfeller der skjøtarmeringen støpes inn tørt, gjelder kravene i NS-EN 1992-1-1.

A4.3.3

Armering skal prosjekteres med tanke på plassering av støperør eller eventuell bruk av pumperør.

A4.4 ARMERINGSOVERDEKNING**A4.4.1**

For fundamenter mot fjell/løsmasse, skal underkantarmeringen ha en overdekning på min. 200 mm. Overdekningen måles fra knøler, se pkt. B8.3.4.

For fundament mot avrettet betong, kan overdekningen for underkantarmeringen reduseres til 150 mm.

Ved bruk av AUV-betong, kan de gitte overdekningskravene reduseres med 50 mm.

A4.4.2

Prosjektert overdekning O mot forskalte flater, skal normalt være 120 mm, toleranse ± 20 mm.

Den prosjekterende kan velge større overdekning, se pkt. B8.6.

A4.4.3

Som monteringsstenger utenfor den konstruktive armeringen (nærmere betongoverflaten) tillates benyttet vanlige armeringsjern. Monteringsstengenes byggemål skal ikke overskride de mål som er angitt som tillatte minusavvik for den konstruktive armeringen, og deres overdekning skal ingen steder underskride prosjektert overdekning minus tillatt minusavvik med mer enn 5 mm.

A4.4.4

På horisontale, frie overflater og ved skrå, forskalte overflater med helning $< 75^\circ$ under vann, skal overdekningen økes med 100 mm i forhold til verdiene gitt i pkt. A4.4.2.

A4.4.5

Overdekningen tillates ikke redusert i forhold til verdiene gitt i pkt. A4.4.2 selv om det brukes prefabrikkert betongforskaling. Se også pkt. B8.4.3.

A4.4.6

Prosjektert overdekning for tørrstøp som seinere plasseres i vann, eksempelvis senkekasser, skal normalt være 75 mm, toleranse ± 15 mm.

A4.5 SPESIELLE REGLER FOR DIREKTE FUNDAMENTERING**A4.5.1**

Beregning av tillatte grunnspenninger utføres som for fundamenter over vann, og det vises til Statens Vegvesens Håndbok 185 "Prosjekteringsregler for bruer", del III pkt. 1.3.

A4.5.2

Ved fundamentering på finkornige løsmasser, skal byggegropa avrettes med min. 150 mm pukk utlagt på fiberduk. Alternativt kan også AUV-betong benyttes som avretting. Eventuell erosjonssikring prosjekteres avhengig av de aktuelle forhold.

A4.6 OPPDRIFT**A4.6.1**

Ved dimensjonering av fundament, skal det for egenvekt regnes med den ugunstigste verdi av full egenvekt og egenvekt redusert for oppdrift. Opptredende vannstands-variasjoner skal tas hensyn til.

A4.6.2

Ved kontroll av stabilitet, skal egenvekten generelt reduseres for maksimal oppdrift. Ugunstig virkning fra toleranser skal også tas hensyn til, se pkt. A2.5 og B8.2.4.

4.7 TILLEGGSMOMENTER

A4.7.1

Tilleggsmomenter fra søyle/pilar skal generelt tas med ved dimensjonering av fundamentet.

A4.8 UTMATTING

A4.8.1

Ved utmattingspåkjente konstruksjonsdeler, tillates normalt ikke sveising på armering. Den prosjekterende må angi spesielt om den vanlige praksisen med sveising av armeringskurver ikke kan tillates.

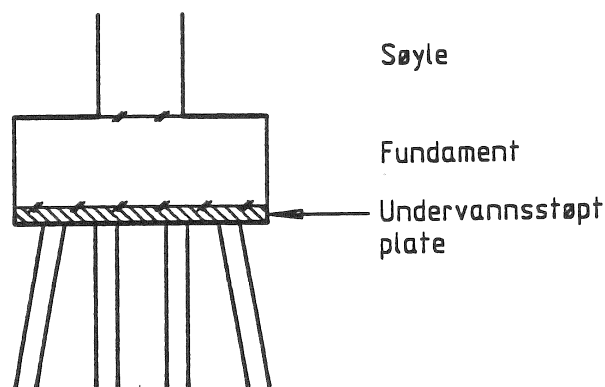
A4.9 BRUK AV BETONGFORSKALING

A4.9.1

Ved undervannsstøp og bruk av forskaling med prefabrikkerte betongelementer, skal disse ikke inngå i betongtverrsnittet ved dimensjoneringen av fundamentet.

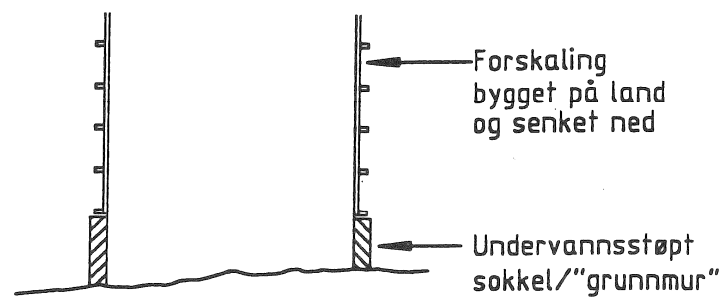
A4.9.2

Undervannsstøpte vegger og plater som benyttes som forskaling for fundamenter i vann, skal ikke regnes å inngå i betongtverrsnittet ved dimensjonering av fundamentet. Se pkt. B8.4.4.



Figur A4.9.2-a

Eksempel på pelehode i vann.



Figur A4.9.2-b Eksempel, sokkel for fundamentforskaling.

A4.10 FASTLEGGING AV TOLERANSER

Verdier for sammensatt byggtoleranse for konstruksjonsdeler i vann, skal som hovedregel bestemmes i hvert enkelt tilfelle ut fra reelle behov for nøyaktighet. Det vises til pkt. A2.5.1 og B8.2.4.

DEL B

VEILEDNING

B1 GENERELT

Undervannsstøp innebærer alltid en viss risiko for støpefeil i form av slamlommer eller dårlig utfylling. Ikke bare er mulighetene for kontroll og påvirkning av utstøpingen dårlig ved undervannsstøp, utvaskingspåkjenningen er også mer kritisk for betongkvaliteten enn de påkjenningene betong utsettes for ved tørrstøp.

Kvaliteten av undervannsstøp fastlegges derfor i meget høy grad av det planleggingsarbeidet som gjennomføres, både ved konstruksjonsutformingen og utførelsesplanleggingen. Når alle valg er truffet og utførelsen har startet, er det egentlig svært lite som kan gjøres for å **forbedre** resultatet. Det beste en kan gjøre, er å gjennomføre støpen i samsvar med planen så raskt og kontinuerlig som mulig.

Den konstruktive utformingen, materialvalget og utførelsesmetoden, inkludert det utstyret som velges, må alltid vurderes som en **helhet**, og ikke som separate temaer. I veiledningen er det lagt vekt på at de valg som har stor betydning for risikonivået, gjøres på et tidlig stadium i prosjektet.

B2 METODER FOR UNDERVANNSSTØP

Både i Norge og internasjonalt har flere ulike støpemetoder vært benyttet; sekkestøp, prepakt-metoden, hydrovalve-metoden etc. Etter norsk praksis og erfaring er det tre metoder som i dag er aktuelle, og det er disse metodene som omtales her.

B2.1 KONVENSJONELL DYKKET RØRSTØP (TREMIE-METODEN)

Metoden ble patentert av nordmannen August Gundersen allerede i 1910.

Betongen føres ned til støpestedet gjennom ett eller flere støperør som stikker ned i den ferske betongen. Betongstøpen startes ved at betongen senkes ("slippen tas") kontrollert ned i støperøret ved hjelp av en ventil, eller det benyttes en annen sperre mellom vann og betong.

Metoden er detaljert beskrevet i Appendiks 1.

B2.2 PUMPESTØP

I likhet med konvensjonell dykket rørstøp, føres betongen ned til støpestedet gjennom et støperør, som er en forlengelse av pumpeledningen. Støperøret holdes dykket ned i den ferske betongen, som ved konvensjonell dykket rørstøp. Støpingen kan startes opp på flere ulike måter:

- a) Ved bruk av ventil som kan åpnes og lukkes ved enden av støperøret, munningsventil. Støperøret fylles da med betong mens det henger i luft, ventilen stenges. Støperøret plasseres deretter ned til støpestedet, ventilen åpnes og pumping starter.

- b) Ved bruk av skumplastball, "vaskeball". Betongen pumpes fram til enden av pumpeledningen, skumplastballen plasseres i toppen av støperøret. Pumpeledningen og støperøret koples sammen og pumping starter. Støperøret skal være plassert ned til støpestedet før betongpumpen kobles til, eller heises på plass etter tilkobling. Ved bruk av ball, skal minimum de første 2 m³ betong (se Fig. A2.2.1) være AUV-betong.
- c) Støperøret kan fylles opp med betong ved nedsenking av ventil (som ved konvensjonell dykket rørstøp), deretter kobles den betongfylte pumpeledningen til støperøret. Pumping starter og støperøret heises forsiktig opp.

De ulike ventiltypene og momenter for valg, er behandlet i pkt. B5.1.5 og pkt. B5.2.3. Med hensyn til smøremasse, se pkt. B4.2.7 og pkt. B6.5.3.

Ved bruk av munningsventil, som kan åpnes og lukkes, kan støperøret heises opp (med stengt ventil), flyttes og settes ned andre steder i allerede utstøpt betong for fortsettelse av støpen. Metoden gir derfor høy kapasitet og fleksibilitet med lite tilrigging.

Metoden er detaljert beskrevet i Appendiks 1.

B2.3 TOBBSTØP / BØTTESTØP

Den enkleste formen for betongstøp under vann er å senke betongen i bøtter ned til dykker som heller betongen forsiktig opp i formen. Metoden forutsetter bruk av AUV-betong. Ved bruk av Normalbetong, er ikke denne metoden kvalitetsmessig akseptabel.

En variant av bøttestøp er bruk av kran og tobb. Tobben senkes ned til sjøbunnen, hvor dykkeren dirigerer kranen og åpner tobben.

Metoden må i dag regnes som fullverdig dersom betongen er tilsatt så høy dosering av AUV-stoff, og har slik sammensetning for øvrig, at den tilfredsstiller kravene i pkt. A2.1.6 for betong beregnet til denne støpemetoden. Støpemetoden er velegnet ved små betongvolum. Betongens frie fall gjennom vann skal være minst mulig. Fritt fall utover 0,5 m frarådes sterkt pga. økt fare for utvasking. Fallengden gjennom vann kan reduseres ved bruk av slange eller "strømpe" på tobben og ved å fylle betongen på en skråstilt stålplate eller renne.

B3 BETONGEGENSKAPENES OG UTFØRELSENS INNVIKKNING PÅ BETONGENS UTFLYTING

Ved betongutstøping over vann kan en som regel se støpefronten hele tiden. En kan selv velge plassering av betongen og kontrollere separasjon og komprimering.

Ved undervannsstøp, har en ikke tilsvarende kontrollmulighet. Det arbeides mer eller mindre i blinde. Ofte kan ikke en gang dykkeren se støpefronten.

Dette kapitlet tar sikte på å gi en forståelse av hvordan valg av betongsammensetning, utstyr og utførelsesdetaljer påvirker betongens utflyting ut fra støperøret og dermed støperesultatet. Enhver utførelse bør være basert på en slik forståelse.

B3.1 HOVEDPARAMETRE

Utflytingen avhenger både av betongegenskapene og utførelsesparametrene. De viktigste stikkordene er:

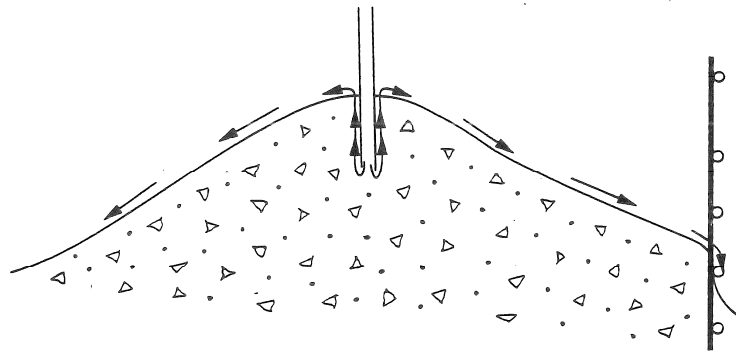
1. Betongegenskaper
 - a) Utflytingsevne
 - b) Sammenhengsevne, seighet. Evne til å tåle bevegelse og kontakt med vann uten å separere eller bli vasket ut.
 - c) Forløp av konsistenstap, dvs. hvor lenge betongen beholder utflytingsevnen. Dybde av flytende/bløt betong.
 - d) Selvkomprimeringsevne
2. Utførelse
 - a) Stigehastighet for betongoverflaten
 - b) Neddykkingsdybde for støperøret

Utflytingen styres av de kreftene som virker på og i betongmassen:

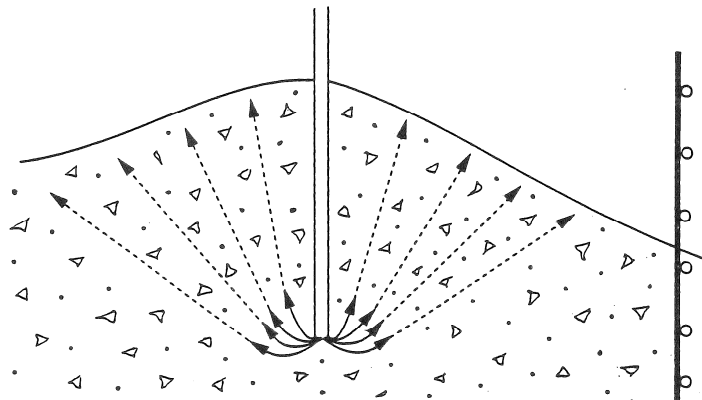
- Ut fra munningen av støperøret velger alltid betongen utflyting etter MINSTE MOTSTANDS VEI.
- Den effektive gravitasjonskraften er mindre i vann enn i luft. Dette gir betongen dårligere utflytingsevne i vann enn i luft. Kontakten med vann gir noe ekstra "smøring", men dette er ikke nok til å oppveie at betongen får mindre "effektiv vekt".

B3.2 UTFLYTINGSMØNSTRE

Betongens bevegelse ut fra et dykket rør avhenger ikke bare av betongegenskapene, men også av neddykkingsdybden i allerede utstøpt betong. Ytterlighetene i utflytingsmønstre er vist i Fig. B3.2a og B3.2b.



Figur B3.2-a Liten neddykkingsdybde, størrelsesorden < 70 cm ved uhindret utstrømning (Se teksten og Fig. B3.5). Betongen strømmer opp langs støperøret til overflaten og flyter videre på overflaten. Betongstrømmen veksler retning. I forbindelse med hindringer, som f.eks. armering, kan betongen henge seg opp, og en får "rulling" som danner og lukker inn slamlommer. Denne formen for utstrømning vil en alltid ha i forbindelse med oppstart av undervannsstøp liten neddykkingsdybde), mer desto dårligere betongens utflytingsevne er.



Figur B3.2-b Stor neddykkingsdybde, størrelsesorden $> 1,2$ m ved uhindret utstrømning. Nytilført betong gir en "volumutvidelse" nede i betongmassen. Overflaten får en sakte bevegelse oppover og utover fra støperøret. Betongen presses oppunder armeringen og skrått oppover/utover langs forskalingen. Betongens bevegelse i kontaktsonen mot vann går sakte, tendensen til slamdannelse blir derfor liten.

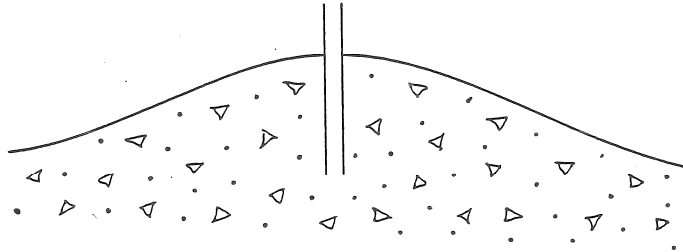
Ut fra disse to strømningsbildene, er det åpenbart at forløpet i Fig. B3.2b er å tilstrebe.

Forutsetningen for å kunne benytte stor neddykkingsdybde, er at betongen er bløt og flytende tilsvarende dypt. Dette forutsetter at

- betongen beholder bløt konsistens i lang tid og/eller at
- stighastigheten er stor

Stor dybde av bløt betong bedrer også betongens utflytingsevne, i det motstanden mot skjærbevegelse i betongen blir mindre. Liten neddykkingsdybde av støperøret krever ekstremt gode utflytingsegenskaper og utvaskingsmotstand hos betongen for at slamdannelser skal unngås.

En betong med god utflytingsevne, vil stille seg med ganske slak skråning av seg selv, kfr. Fig. B3.2c.



Figur B3.2-c Betong med god utflytingsevne stiller seg med slak skråning av seg selv.

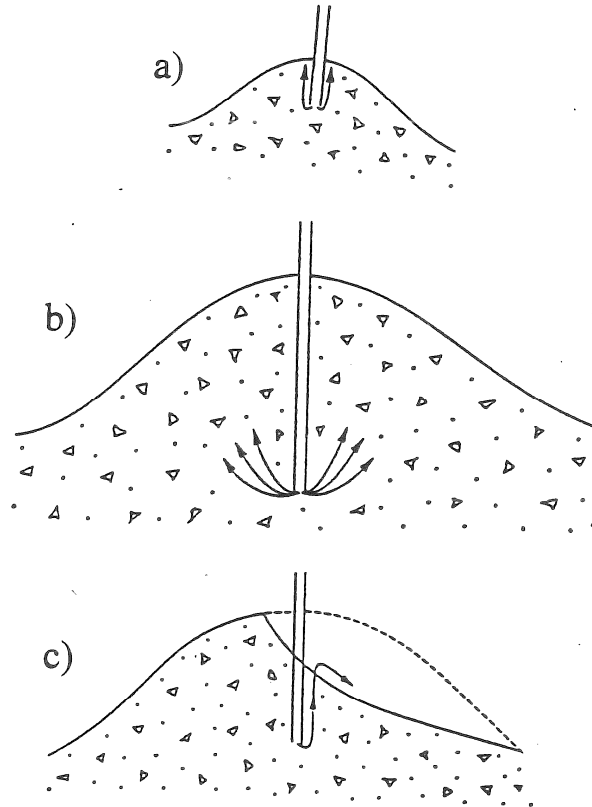
B3.3 KONSEKVENSER AV DÅRLIG UTFLYTING

En betong med dårlig utflytingsevne, vil bygge seg opp i en haug med en relativt bratt skråning, inntil det skjer et brudd og en større del av betonghaugen glir ut. Under utglidningen, vil betongen bevege seg raskt i kontakt med vann, med tilsvarende risiko for utvasking og slamdannelse. Se Fig. B3.3.

Dårlig utflytingsevne kan til en viss grad kompenseres ved forsiktig vibrering (se pkt. B6.6) nede i betongmassen og ved dypere neddykking av støperøret.

Her gir pumpestøp og konvensjonell dykket rørstøp følgende muligheter:

- Ved pumpestøp kan neddykkingsdybden være stor fordi en har pumpetrykket til rådighet i tillegg til gravitasjonskraften. Selve pumpe-lagene gir også ekstra impulser som bedrer utflytingen.
- Ved konvensjonell dykket rørstøp stopper betongstrømmen opp når neddykkingsdybden og motstanden blir for stor. Spesielt ved liten vanndybde (kort støperør) blir overtrykket av betong så lite at det blir umulig å benytte stor neddykkingsdybde.

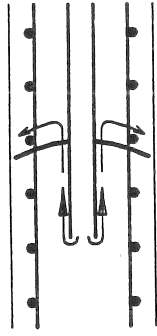


Figur B3.3a ,b og c. Utflyting av betong med dårlig utflytingsevne.

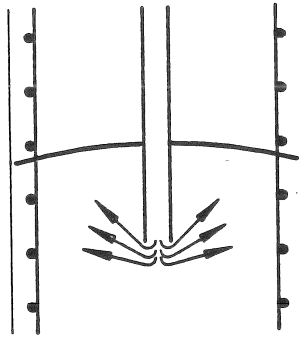
- a) *Betongen bygger seg opp i en haug ved støperøret fra støpestart, strømningsbilde Figur B3.2a*
- b) *Betongen bygger seg opp videre i en haug ved støperøret, strømningsbilde Figur B3.2b*
- c) *Det går "ras" og en større mengde betong glir ut, med risiko for utvasking og slamdannelse. Strømningsbildet blir igjen som på Figur B3.2a, men betongstrømmen glir kun ut i rasområdet. Hvis neddykkingsdybden er liten før raset går, kan raset gi vanninnbrudd i støperøret.*

B3.4 EFFEKTEN AV DIMENSJONER OG ARMERING

Både selve forskalingen, og hindringer som f.eks. armering, påvirker utflytingen i betydelig grad. Selv meget bløt betong "bygger bru" mellom armeringsstenger og stopper utflytingen. Tett armering tvinger betongstrømmen opp til betongoverflaten, slik at utfyllingen bakom armeringen skjer ved "rulling". Risikoen for utvasking og slamdannelse er da meget stor. Der det er tett armering, kreves det derfor større neddykkingsdybde for støperøret for å oppnå strømningsbildet i Fig. B3.2b. Særlig gjelder dette der avstanden fra støperøret til armeringen er liten, dvs. i trange tverrsnitt. Dette er illustrert i Fig. B3.4a.



Figur B3.4a



Figur B3.4b

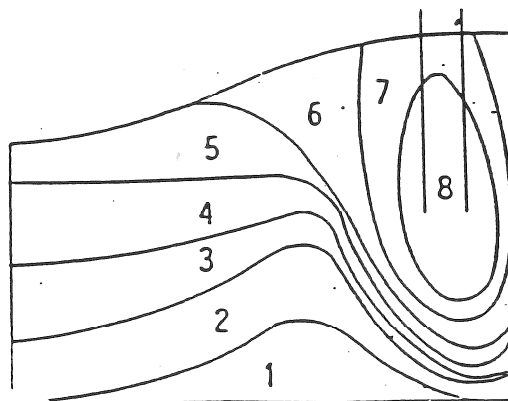
Samme neddykkingsdybde kan gi forskjellig strømningsbilde, ytterlighetene er vist i figuren.

- a) Kort avstand fra støperør til forskaling og tett armering tvinger betongstrømmen opp langs støperøret.
- b) Bedre rom for betongens bevegelser gir "volumutvidelse" nede i betongmassen.

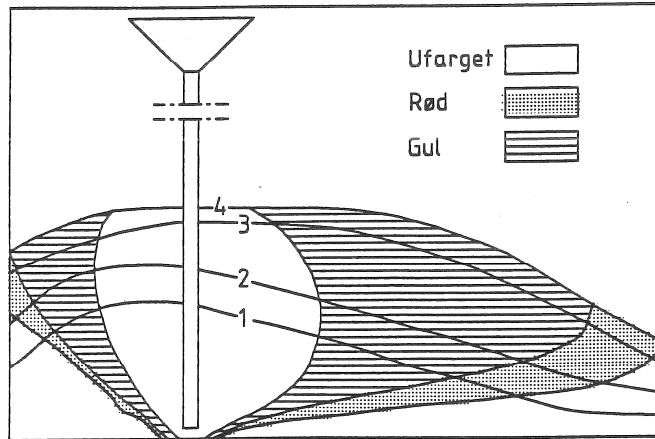
For å oppnå strømningsbilde som i Figur B3.2b kreves det større neddykkingsdybde i tilfellet Figur B3.4a enn i tilfellet Figur 3.4b.

B3.5 BETONGENS PLASSERING I FORMA

Betongen som kommer ut av støperøret, tvinger betongen over oppover og utover. Dersom det er lite betong over rørmunningen, slik at utflytingen skjer som i Fig. B3.2a, legger betonglassene seg oppå hverandre, som vist i Fig. B3.5a. Dersom neddykkingsdybden er større, fordeler betonglassene seg som vist i Fig. B3.5b. (Kilde: Betonghandbok - Arbeitsutførande 1989)



Figur B3.5a Utstrømningsforsøk. Omtrentlig sluttnivå for sats 1-8. Støperøret til høyre i figuren.



Figur B3.5b Utstrømningsforsøk med farget betong.

B3.6 VURDERING AV BETONGEGENSKAPENE

Det er lett å la seg lure av betongens utseende.

Betong for undervannstøp må ha meget god sammenhengsevne, det vil si evne til å tåle bevegelse og kontakt med vann uten å separere eller bli vasket ut. God undervannsbetong skal se "for seig ut" i luft. Derneft må betongen ha god utflytingsevne, og denne evnen må holde seg i lang tid.

Om betongen mister konsistens for raskt, kan dette bare kompenseres ved økt stigehastighet. God utflyting etter strømningsmønsteret i Fig. B3.2b er avhengig av at dybden av bløt betong er stor.

Raskt konsistenstap kan vise seg som et problem og som et stadig tiltagende problem når støpingen har pågått noen timer. Dette fordi ny bløt betong "gror fast" til stivere betong. Ved oppstart og de aller første timene av støpingen merkes ikke noe problem selv om konsistenstapet er ganske raskt.

Som før nevnt, velger alltid betongen utflyting etter "minste motstands veg". Dette er også medvirkende til at raskt konsistenstap gir økende problem etter hvert. Når betongstrømmen tar en ny retning, har den allerede utstøpte betongen i den nye strømningsretningen blitt stiv og bremser derfor utflytingen.

B3.7 FORSKALINGSTRYKK

Ulempene med de momentene som er poengtert som forutsetninger for å oppnå sikker utførelse av undervannsstøp, nemlig:

- god utflytingsevne som holder seg i lang tid
- stor neddykkingsdybde av støperør
- stor stigehastighet

er først og fremst høyere forskalingstrykk. Dette er det da også nødvendig å ta hensyn til ved dimensjonering av forskalingen.

B4 MATERIALER OG BETONGFREMSTILLING

Materialer skal tilfredsstillende NS-EN 206-1 med Nasjonalt Tillegg, utførelse skal tilfredsstillende NS-EN 13670 med Nasjonalt Tillegg for Utførelsesklasse 3. I praksis vil kontroll utføres etter en egen kontrollplan som er mer omfattende enn kravene i NS-EN 13670.

I tillegg til gjeldende Norsk Standard bør nedenforstående retningslinjer legges til grunn.

B4.1 DELMATERIALER

B4.1.1 Sement

I saltvann og brakkvann anbefales det benyttet en sement med et C_3A -innhold på 5-8 %. Sementer som tilfredsstiller dette er Norcems sementer Standardsement, Standard FA, Anleggsement, Anlegg FA og Industrisement, samt Cemex Standard, Cemex Miljøsement og Cemex Rapidsment. Industrisement tilrådes ikke brukt ved store støpeavsnitt, eller ved lange transporttider, men kan med fordel brukes ved mindre støper. Industrisement er i særlig grad aktuelt å bruke i kombinasjon med AUV-stoff (se pkt. B4.1.5) ved små støper.

Sulfatresistent sement (SR-sement) har et lavt C_3A -innhold og anses å gi økt risiko for armeringskorrosjon i saltholdig miljø. Dersom konstruksjonen er i kontakt med alunskifer, bør det vurderes hva som kan medføre størst risiko, sulfatangrep fra alunskifer og sjøvann, eller kloridinitiert armeringskorrosjon. SR-sement binder vannet i betongen dårlig og gir ikke den sammenhengsevnen som undervannsbetong bør ha, med mindre det tilsettes AUV-stoff (kfr. pkt. B4.1.5).

B4.1.2 Silikastøv

Silikastøv skal tilfredsstillende NS-EN 13262. Silikastøv skal benyttes i all undervannsbetong. Silika bedrer betongens sammenhengsevne slik at faren for utvasking reduseres, og slik at bløtere konsistens (bedre utflyttingsevne) kan benyttes uten uheldig separasjon. Videre bidrar silika til økning av betongens tetthet og motstandsevne mot kloridinntrengning.

Det skal benyttes minimum 4 vekt % av sementmengden. Retningsgivende verdi for dosering av silikastøv i undervannsbetong er 6 - 10 vekt % av sementmengden.

B4.1.3 Vann

Til permanente armerte konstruksjoner benyttes ferskvann som blandevann, kfr. NS-EN 206-1 med Nasjonalt Tillegg.

B4.1.4 Tilslag

Tilslaget bør ha slike egenskaper at best mulig støpelighet oppnås. Fingrusen bør i det vesentlige være ren naturgrus (ikke knust). Steinen bør fortrinnsvis være natursingel.

Dersom det benyttes noe knust materiale, bør dette ha mest mulig kubisk form. Stenglige og flisige korn vil redusere støpeligheten betraktelig.

Den maksimale steinstørrelsen bør ikke overskride:

	Singel	Pukk	Knust singel*
Normalt anbefalt maks. grense	22 mm	16 mm	22 mm
Absolutt maks. grense	32 mm	25 mm	25 mm

* Knust singel = blanding av singel og knust overstein fra sandtak

B4.1.5 Tilsetningsstoff

Aktuelle typer av tilsetningsstoff til undervannsbetong er:

- P-stoff (lignosulfonat)
- SP-stoff (melaminbaserte eller co-polymere stoff er mest aktuelle)
- R-stoff
- L-stoff
- AUV-stoff (anti-utvaskingsstoff)

Etablerte leverandører av slike tilsetningsstoff på det norske markedet i dag er Rescon Mapei, BASF, Sika Norge og Adda Byggkjemi.

I undervannsbetong, hvor det ikke benyttes AUV-stoff, skal det benyttes vannreduserende tilsetningsstoff (P, SP og /eller R). Vannreduserende/plastiserende tilsetningsstoff bedrer betongens stabilitet og mobilitet.

Type tilsetningsstoff og -dosering bør velges slik at støpeligheten opprettholdes tilstrekkelig lenge. P-stoff benyttes normalt i en dosering av 0.5-1.1 vekt % av sementvekten. For norskprodusert sement, anbefaler Norcem ikke høyere dosering av P enn 0.8 % for Anleggsement og 1.5 % av sementvekten for Standardsement, Standard FA og Industrisement (grensen kan variere lokalt), ellers kan meget raskt konsistenstap oppstå. I tillegg doseres P-stoff på basis av dosering av silikastøv, normal dosering vil være 5 vekt % av mengde silikastøv.

SP-stoff kan, avhengig av type, dosering og kombinasjon av stoffer, få kort virkningstid. Ved bruk av SP-stoff, skal det kontrolleres på forhånd at støpeligheten opprettholdes tilstrekkelig lenge. Melaminbaserte SP-stoff gir betongen bedre sammenhengsevne enn naftalenbaserte, og de er derfor generelt å foretrekke til undervannsbetong.

Utviklingen av de nyere, såkalte co-polymere SP-stoffene synes å ha gitt nye muligheter for å framstille undervannsbetong med gode flyt- og komprimerings-egenskaper, som holder seg godt over tid. Erfaringene er imidlertid ennå begrensede.

Ved støp av plater og store tverrsnitt med liten stigeastighet, bør det benyttes R-stoff i tillegg til P- og eventuelt SP-stoff (dersom ikke AUV-stoff benyttes.)

L-stoff benyttes i betong fra 2 m under laveste vannstand og oppover. Doseringen bør være slik at luftinnholdet i fersk betong, målt på støpestedet, er $5 \pm 1.5\%$.

AUV-stoff endrer betongegenskapene i meget vesentlig grad, og er spesielt utviklet for undervannstøp. De fleste AUV-stoff kan kombineres med P, melaminbaserte eller co-polymere SP og R-stoff, men ikke med L-stoff. (L-stoff gir ingen virkning). Enkelte AUV-stoff kan ikke kombineres med naftalenbaserte SP-stoff eller R-stoff.

De AUV-stoffene som finnes på det norske markedet, har tildels forskjellig effekt på betongens støpelighetsegenskaper. AUV-betong må proporsjoneres spesielt i hvert enkelt tilfelle ut fra det aktuelle AUV-stoffets egenskaper. En kan ikke lage AUV-betong bare ved å tilsette AUV-stoff til en Normalbetong, en kan heller ikke skifte AUV-stoff uten å få andre betongegenskaper. Med ett og samme AUV-stoff, vil støpelighetsegenskapene variere med innholdet av sementpasta, mengde og type av vannreducerende tilsetningsstoffer og med tilslaget. Se også pkt. B4.2.6.

I tillegg til betydelig økt motstand mot utvasking, gir AUV-stoff betongen en helt spesiell flyteevne ("krypeevne") samt betydelig retardering av størkningen. Utflytings- evne, krypeevne eller utflytingshastigheten og retardasjonsgraden avhenger imidlertid av hvilket AUV-stoff som benyttes og av betongsammensetningen. Krav til stighastighet må derfor nyanseres etter fabrikat av AUV-stoff, AUV-dosering og betongsammensetning for øvrig, se pkt. A2.3.3 og B6.5.4. P-stoff i kombinasjon med enkelte AUV-stoff gir betydelig ekstra retardasjon. Doseringen bør nyanseres etter bruks-/utstøpingsmåte og betongvolum. Enkelte AUV-stoff inneholder silikastøv og SP-stoff som bestanddeler. Dette bør det tas hensyn til ved proporsjoneringen.

I likhet med Normalbetong, kan også AUV-betong, selv om den er meget seig, separere under utflytingen, slik at den betongen som flyter lengst får svært liten steinandel. Slik separasjon skjer lettest for betonger med partikkelsprang i korngraderingen. Denne separasjonen er ikke det samme som utvasking, og mørtelen som flyter lengst, vil normalt ikke ha redusert trykkfasthet.

Spesielt aktuelle bruksområder for AUV-betong er:

- ved små støper, spesielt ved bøttestøp
- ved oppstart av støp
- ved utstøping av plater (liten høyde) under vann
- ved store støper hvor stighastigheten blir liten

AUV-stoff bør ikke benyttes i betong som kan bli stående tørrlagt i lengre tid, eller utsatt for fryse/tine sykler, uten en nærmere vurdering av bestandighetsegenskapene, kfr. B4.2.3.

B4.2 BETONGSAMMENSETNING

B4.2.1 Masseforhold

Masseforhold velges ut fra både bestandighets- og støpelighetshensyn. Betong med de angitte masseforhold (pkt. A2.1.2), lar seg normalt framstille med egnet og tilstrekkelig varig støpelighet. Ved bruk av masseforhold f.eks. bare 0,02 lavere enn

angitt maksimumsgrense, vil en i mange tilfelle få dårligere reell støpelighet og raskere støpelighetstap.

B4.2.2 Fasthetskklasse

Fasthetsklassen for undervannsbetong, ved bruk av Standard - og Standard FA-sement, bør normalt ikke forutsettes høyere enn B45. For undervannsbetong med AUV-stoff, bør fasthetsklassen normalt ikke forutsettes høyere enn B35. Dersom høyere fasthetskklasse er nødvendig, bør det anvendes en høystyrkesement, f.eks. Norcem Anleggsement.

B4.2.3 Bestandighet

Undervannsbetong må sammensettes slik at det ikke oppstår skadelige alkalireaksjoner, kfr. A2.1.3.

AUV-betong lar seg ikke luftinnføre, og dette reiser spørsmål om AUV-betongens frostbestandighet. Laboratorieprøving med "Borås-metoden" har vist at betongen ikke har god frostbestandighet. Så vidt vites, har imidlertid AUV-betong ikke vist frostskader i praksis ved utendørs eksponering. En ser det derfor slik at det er en usikkerhet, men ikke noe mer dramatisk, forbundet med AUV-betongens frostbestandighet.

Ved støpeoppgaver hvor AUV-betongens egenskaper er ønskelige, vil det som hovedregel være riktig å anvende AUV-betong, selv om det skulle være i frostsonen. (Reparasjoner, støp startet på kt. ÷2 etc.)

B4.2.4 Konsistens

Konsistensmåling av undervannsbetong bør vanligvis gi:

- 20-24 cm synk for betong uten AUV-stoff
- 23-27 cm synk for betong med AUV-stoff

Støpeligheten bør imidlertid ikke vurderes ut fra konsistensmåling alene.

B4.2.5 Tilslagssammensetning

Tilslaget skal være velgradert. Fortrinnsvis bør ingen enkeltfraksjon innen sanden være mindre enn 5 % eller overstige 25 % av den totale sandmengden. Tilslaget settes sammen med et visst overskudd av fingerus. Overskuddet avhenger av bruken av AUV-stoff, se pkt. B4.1.5.

For undervannsbetong uten AUV-stoff, bør tilslagets steininnhold være 10-25 % lavere enn ved Normalbetong støpt over vann. Vektprosenten av stein (tilslag større enn 4 mm) bør således ligge på 43-52 % av den totale tilslagsmengden.

For undervannsbetong med AUV-stoff, benyttes som oftest mer grovkornet tilslagsgradering. Steinmengden bør nyanseres etter AUV-doseringen og dimensjonene av støpeavsnittet.

B4.2.6 Reseptutprøving

Undervannsbetong bør alltid proporsjoneres spesielt med de aktuelle delmaterialer og ut fra de aktuelle produksjons- og utførelsesforhold. Betongsammensetning bør velges ut fra dokumentasjon av støpelighetsegenskaper ved prøveblandinger, kfr. også pkt. B4.3.

Forhåndsdokumentasjon av resepten bør normalt omfatte støpelighetsvurdering, inkludert forløp av konsistenstap samt densitet og trykkfasthet.

I spesielle tilfeller bør prøvestøp under vann utføres for verifikasjon av betongegenskapene, samt at betong og støperigg fungerer i kombinasjon. Som hovedregel bør en representant fra leverandøren av AUV-stoff være til stede og gi veiledning under reseptutprøving av AUV-betong, dersom ikke betongleverandøren selv har erfaring med slik betong.

B4.2.7 Smøremasse

Som en del av reseptutprøvingen, bør det også utarbeides resept for en smøremasse som benyttes ved oppstart av støp, kfr. pkt. B6.5.3.

Smøremasse som går i formen skal ha samme (eller tilnærmet samme) krav til materialsammensetning som resten av betongen.

B4.3 STØPELIGHETSPRØVING AV UNDERVANNSBETONG

I det etterfølgende angis det forslag til metoder for vurdering av flyteevne, utvaskingsmotstand og separasjonstendens for undervannsbetong. Metodene er beregnet for direkte sammenligning av ulike betongresepter, for eksempel ved prøveblending for å finne frem til riktig dosering av AUV-stoff. Metoden i pkt. B4.3.2 er foreslått å danne basis for kravene til AUV-betong i pkt. A2.1.6.

Ved pumpestøp med AUV-betong, anbefales det å utføre pumpeprøving før utstøpingsforsøket utføres.

B4.3.1 Støpelighetsprøving, feltskala

Pumpeprøving

Betongen pumpes i sirkulasjon, dvs. tilbake til pumpekaret. Slangen fra pumpetårnet bør henge vertikalt, pumpehastigheten varieres. Følgende observeres:

- om betongen glir i en kontinuerlig strøm ut av slangen, eller om den løsner fra slangen og faller som klumper (at den henger i slangen viser at betongen er seig, og det er positivt)
- pumpestrykk ved lav pumpehastighet og hvor mye pumpestrykket øker ved økning av pumpehastigheten
- pulsering og slag i pumpa, avhengig av pumpehastighet

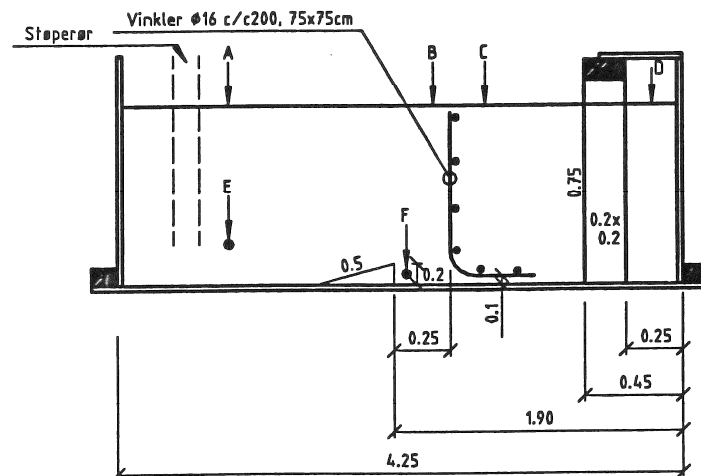
Utstøpingsprøving

Formen, vist i Fig. B4.3.1a og B4.3.1b, bygges vanntett med fugemasse eller limbånd i alle lemmeskjøtene og fylles med vann. Betong utstøpes i vann med dykket rør, på konvensjonell måte eller med pumpe, avhengig av hvilken metode som skal benyttes ved fullskala utstøping. Betongen støpes ut med jevn og lav hastighet. Ved sammenligning av ulike resepter er det viktig at utstøpingshastigheten er den samme for alle betongvariantene.

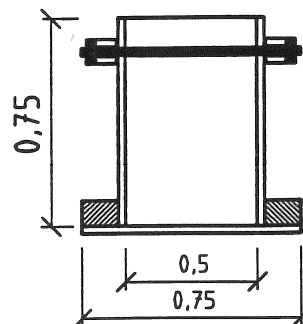
Utstøpingen fortsetter til forma er full ved støperøret. Dersom betongen glir ("kryper") ut etter at utstøping er stoppet, venter en i 15 minutter, hvorefter forma igjen fylles full ved støperøret.

Etter utstøping og herding av betongen, kontrolleres følgende, kfr. Fig. B4.3.1a:

- helning av overflaten, nivåforskjell mellom punktene A, B, C og D
 - kjerneprøver utboret vertikalt i punkt A og punkt D observeres med hensyn til tilslagsfordeling, dvs. separasjon og slamdannelse
 - kjerneprøver utboret horisontalt i punktene E og F trykkprøves.
- Fasthetsreduksjonen for kjernene pkt. F i sammenligning med kjernene pkt. E og utstøpte prøver, vil være et uttrykk for betongens utvaskingsmotstand.



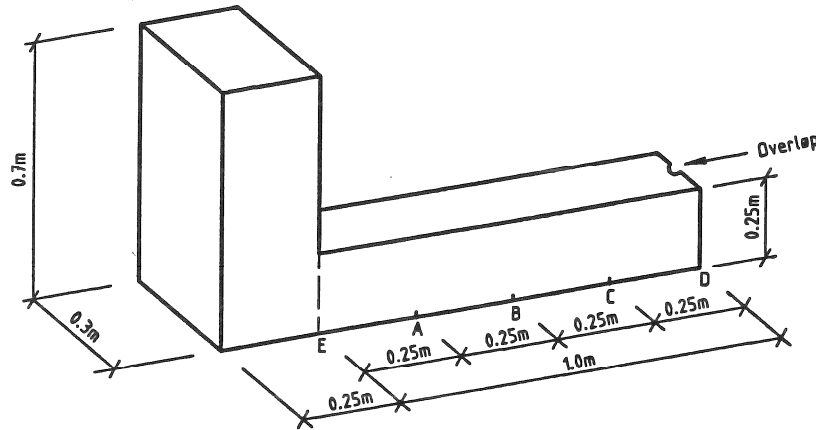
Figur B4.3.1a Prøvingsform med kontrollpunkter, vertikalsnitt i kassens lengderetning. Mål i meter.



Figur B4.3.1b Prøvingsform, vertikalsnitt i kassens tverretning

B4.3.2 Støpelighetsprøving, laboratorieskala

For prøving av betongens utflytingsevne i vann i laboratorieskala, kan det benyttes en kasse med dimensjoner (innvendige mål) og utforming som vist i Fig. B4.3.2. Denne prøvingsmetoden er også forutsatt for dokumentasjon av støpelighetsegenskaper i felt, se pkt. A2.1.6.



Figur B4.3.2 Kasse til laboratorietesting av undervannsbetong

Mellom den høye og den lave delen av kassa, er en luke som kan løftes opp.

Betong fylles uten spesiell komprimering i den høye delen av kassa. Betongvolum 53 liter. Vann fylles i den lave delen av kassa. 15 minutter etter at betongfylling i kassa er startet løftes luken mellom den høye og den lave delen av kassa opp 150 mm, og betongen får flyte fritt ut i vann. Tid inntil betongen er kommet fram til punktene A, B, C og D registreres. Dersom betongen ikke når fram til pkt. D, registreres utflytingslengden. Dersom betongen når fram til pkt. D, registreres høyden av betongen ved pkt. D og E når utflytingen har stanset helt.

Etter at betongen er herdnet, kan det bores ut prøver fra området inne i den høye kassa og fra området C-D for kontroll av densitet, trykkfasthet og eventuell separasjon.

B4.3.3 Vurdering av prøveresultatet

Ved utgivelsen av denne publikasjonen, foreligger det begrenset erfaring med prøvingsmetodene beskrevet i de to foregående punktene.

Erfaringene med metodene er kort oppsummert:

Feltmetoden, pkt. B4.3.1

Metoden er benyttet, som beskrevet eller i noe modifisert form, på noen ganske få norske anlegg. En sterkt beslektet metode er benyttet for godkjenning av AUV-stoff i Sverige.

Metoden er god med hensyn til å vise betongens utflytingsevne. Utflytingen vil imidlertid være sterkt avhengig av forsøksdetaljer som f.eks. utstøpingshastigheten.

Som veiledning for bedømmelse av om den oppnådde utflytingen er god eller dårlig, vises resultatet for tre ulike betonger i Fig. B4.3.3 side B17. Alle betongtypene ble visuelt vurdert til å ha ideelle egenskaper til undervannsstøp. Betongen ble utstøpt med pumpe kjørt på lav hastighet.

Det var ingen synlige forskjeller mellom de to AUV-betongene som kan forklare forskjellen i utflyting. Forskjellen skyldes trolig at betongen med $D_{\max} = 25$ mm ble pumpet kontinuerlig, mens pumping av betongen med $D_{\max} = 16$ mm ble avbrutt i 15 minutter da kassa første gang var full ved støperøret.

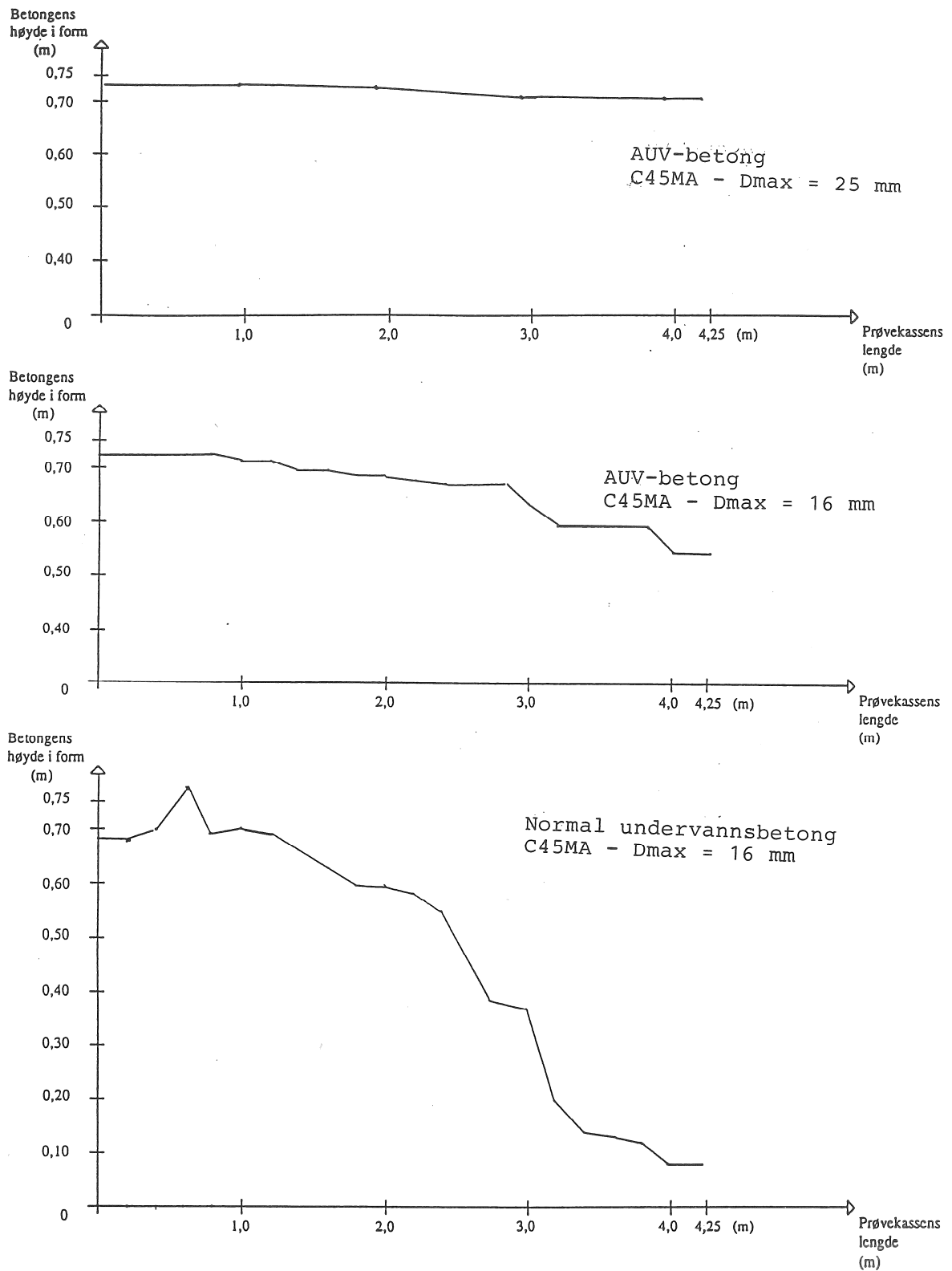
Utflytingen av Normalbetongen (som ble vurdert til å ha ideelle egenskaper) kan betraktes som en illustrasjon på berettigelsen av grenseverdiene for utflytingslengde angitt i pkt. B6.4.

Laboratoriemetoden, pkt. B4.3.2

Metoden har vært noe benyttet i laboratoriet. Erfaring fra bruk av metoden i felt eksisterer ikke.

Erfaringene med metoden er kort oppsummert:

- En betong med god utflytingsevne oppnår en høyde ved punkt D i størrelsesorden 90 - 110 mm, og når fram til punkt D i løpet av 10- 90 sekunder. 10 - 20 sek. betyr at betongen glir relativt raskt, 50 - 90 sek. betyr at den er sirupsaktig og kryper meget langsomt.
- AUV-betong med god utflytingsevne vil ha et synkmål på 23 - 27 cm, diameteren på "kaka" etter måling av synkmål vil være 48 - 58 cm.
- Synlig blakking av vannet unngås selv ved relativt lave AUV-doseringer. Visuell vurdering av vannet sier derfor lite om betongens motstand mot utvaskings. Her henvises til leverandørenes produktdokumentasjon.



Figur B4.3.3 Utflyting av betong i prøvekasser for test av støpelighet (C 45 tilsvarer B 35).

B4.4 BETONGPRODUKSJON

B4.4.1 Produksjonsanlegget

Ved valg av blandeutstyr, bør det legges spesiell vekt på:

- nøyaktig oppmåling av alle delmaterialer
- tilstrekkelig blandekapasitet
- driftssikkerhet

Før oppstart av større undervannsstøper, bør hele produksjonsanlegget og materialtilførselen til blandeanlegget gjennomgås og sjekkes for å redusere risikoen for produksjonsavbrudd. Det kontrolleres at tilstrekkelig kvantum av alle delmaterialer er til stede.

Betongtransporten fra blandeverk til støpested bør tilstrebes så enkel og sikker som mulig. Transporten bør ha en viss overkapasitet i forhold til støpekapasiteten.

Der tilgjengeligheten av blandeanlegg med tilstrekkelig kapasitet er dårlig, bør det legges opp til en supplerende produksjon med drifts- og produksjonskontroll i samsvar med behovet.

B4.4.2 Blanding av AUV-betong

AUV-stoff kan tilsettes:

1. i blandemaskinen
2. i trommel på automixer **før** fylling med betong
3. til betongen i det den tømmes fra blandemaskinen over i automixer

Ved tilsetningsmåte 2 eller 3 må betongen blandes 20 minutter for et lass på 6 m³ i automixer på maksimal blande-hastighet.

Tilsetningsmåte 1 og 3 bør foretrekkes hvis mulig, fordi metode 2 lett gir klumper av ufordelt AUV-stoff.

Med AUV-betong, kan en regne med at ca. 0.5 m³ er igjen i automixeren etter tømning. Tilsvarende blir også mye betong igjen ved tømning av blandemaskinen. Første blanding av Normalbetong etter at AUV-betong er blandet, vil derfor være en blanding av AUV-betong og Normalbetong.

I tillegg til mengdene angitt i Figur A2.2.1, må det derfor påregnes et svinn, i ekstreme tilfelle opp til 20 %, for AUV-betong, som kleber seg fast i blandemaskin, transportutstyr e.l. Dette må betongleverandøren ta hensyn til både når det gjelder produsert volum og pris pr. m³ faktisk levert betong. Utstyret må vaskes før det leveres betong til støp over vann.

B4.4.3 Rengjøring etter bruk av AUV-betong

AUV-betong er meget klebrig og dessuten vannavvisende slik at den er vanskelig å vaske bort. Rengjøring må derfor skje så raskt som mulig.

Blandemaskiner og betongbiler kan rengjøres på vanlig måte med stein og vann.

Begroing, f.eks. i trakten på betongbilene, kan fjernes ved skraping og kraftig spyling.

Betongpumpen rengjøres enklest ved å pumpe vanlig betong gjennom før ordinær rengjøring.

AUV-betong tørker meget raskt på overflaten og ser derfor ut til å gro fast til utstyret tilsvarende raskt. I virkeligheten er imidlertid størkningen kraftig retardert.

B5 UTSTYR

Alt utstyr som benyttes skal være av slik styrke/kvalitet og vedlikeholdt på en slik måte at det er velegnet til sitt tiltenkte bruksområde. Før oppstart av undervannsstøp, skal alt utstyr etterses og funksjonsprøves. Ved vurdering av utstyrets brukbarhet, skal det tas hensyn til at konsekvensene av feil vil være store og at undervannsstøp er sårbar overfor forsinkelser eller midlertidige avbrudd.

B5.1 UTSTYR TIL KONVENSJONELL DYKKET RØRSTØP

Arbeidet utføres fra arbeidsplattform rett over støpestedet. Betongen fylles i trakt ("vie") på toppen av tette støperør, som når ned til sjøbunnen og som kan heves kontrollert.

B5.1.1 Arbeidsplattform

Arbeidsplattformen skal være stiv og stabil, uavhengig av bølge- og tidevannsbevegelser. Golvet skal være tett slik at evt. betongsøl ikke faller gjennom vann og ned i støpen, men ha luker eller åpninger slik at betongoverflatens nivå kan kontrolleres med lodding.

B5.1.2 Støperør

Støperør skal være helt tette mot utvendig vanntrykk og ha tilstrekkelig styrke til å tåle både betongtrykk og løfting/heising. Rørene skal være godt rengjorte og uten bulker.

Nedre ende av støperøret skal være rett, uten flens. Øvre ende forsynes med en trakt, "vie". Støperøret må kunne holdes fast mens øvre rørdel skrus av eller støperøret kappes.

Vanligvis benyttes tykkveggede stålrør med lengde 1-2 m skjøtet med flensskjøter forsynt med gummipakninger. Ved støp på mindre dybder, kan også plastrør av tilstrekkelig styrke benyttes. Støperør med skjøter må trykkprøves (tetthetsprøves) før støp.

B5.1.3 Trakt, "vie"

Generelt anbefales å benytte en trakt med stort volum, for å ha tilstrekkelig mengde betong til disposisjon når "slippen" går.

B5.1.4 Heisestyr

Heisestyret må tilpasses vekten av betongfylt trakt og støperør.

Trakt og støperør må kunne heves og senkes kontrollert uavhengig av betongmengde i trakt/rør og uavhengig av bølge- og tidevannsbevegelser. Støperør kan ikke henges opp i utkraget kranarm.

Heisestyret må være slik at støperøret kan senkes meget raskt når "slippen" går. Kjettingtaljer er ikke alltid tilfredsstillende på dette punktet.

B5.1.5 Ventil

Kontrollert oppfylling av støperøret, uten utvasking av betongen, skal utføres ved bruk av

- ventil som danner sperre mellom vann og betong i det støperøret fylles opp med betong
- eller
- støperør med munningsventil som kan åpnes/lukkes pneumatisk, hydraulisk eller mekanisk. Støperøret fylles med betong mens det henger i luft eller etter hvert som røret senkes ned i vann.

Enkelte støpebaser har meget bestemte meninger om hva som er gode og dårlige ventilløsninger. Meningene varierer sterkt.

Det har vært benyttet en lang rekke løsninger som denne publikasjon **ikke** anbefaler, f.eks. "kinahatt", sirkulær betongkloss med pakning, plastball, fotballblære og sammenkrøllet sementsekk.

Følgende ventiltyper anbefales/anses kvalitetsmessig akseptable ved de ulike kombinasjoner av betongtyper og støpemetoder:

Støpe-Metode	Betong-type	Ventiltype Plate med stang	Ventiltype Skumplast ball	Ventiltype Munnings- ventil
Dykket Rør	Normal AUV ¹	* x	x	x x
Pumpe	Normal AUV	x	x	* *

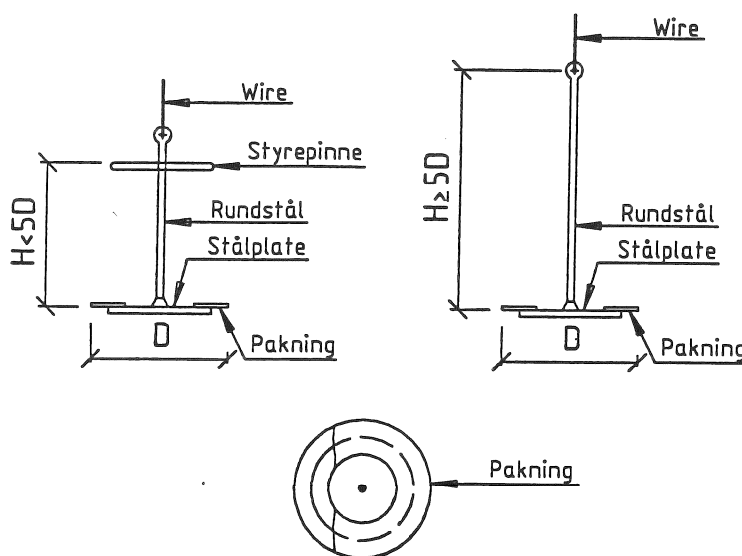
* Anbefalt hovedalternativ

x Mulig alternativ

¹) Se begrensninger pkt. B6.2

Med hensyn til de enkelte ventiltypes muligheter og begrensninger, angis følgende:

1. Munningsventil, kan benyttes for AUV-betong og Normalbetong, både ved konvensjonell dykket rørstøp og ved pumpestøp, se pkt. B5.2.3.
2. "Plate med stang", se Fig. B5.1.5. Kan benyttes ved konvensjonell dykket rørstøp både med AUV-betong og med Normalbetong. Høyden H bør være minimum $5 \times D$, med mindre ventilen er utstyrt med styrepinne, for at ventilen ikke skal legge seg på skrå og hindre nedsenking av støperøret når slippene har gått.



Figur B5.1.5 Ventiltipe "Plate med stang".

3. Skumplastball, både runde baller ("vaskeball" for betongpumper) og sylinderformede "baller". Kan benyttes ved AUV-betong men ikke ved Normalbetong, både ved konvensjonell dykket rørstøp og ved pumpestøp. Ballene må gli trangt i støperøret og være av hard skumplast.

Plate med stang bør på forhånd føres gjennom støperørene for å kontrollere at den kan passere. Spesielt er dette viktig dersom røret har skjøter eller har vært brukt tidligere. Denne ventiltypen kan være umulig å benytte ved utstøping på store dyp, med mindre ventilen føres ned med kran, fordi belastningen blir for høy. Ventiltypen kan også være umulig å benytte i kombinasjon med AUV-betong og stort vanddyb, fordi betongen kleber i støperøret og ikke gir tilstrekkelig nedoverrettet press på ventilen.

Skumplastballer vil utvilsomt bli komprimert og presset mer eller mindre flate når de settes under høye trykk. Denne typen ventil skal derfor kun brukes ved AUV-betong.

Materialer til ventiler trenger ikke å være ikke-korrosive. Dette gjelder også wiren.

B5.2 UTSTYR TIL PUMPESTØP

B5.2.1 Pumpe

Betongpumpa skal være hydraulisk stempelpumpe med tilstrekkelig kapasitet.

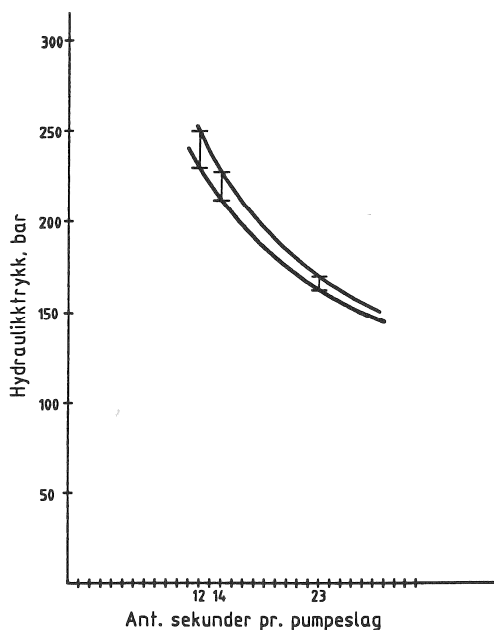
Det må vurderes i hvert enkelt tilfelle om bommen på lastebilmonterte pumper kan benyttes til å plassere og løfte støperøret, eller om det trengs kranhjelp til dette. Støperøret kan påmonteres skåler av ekspandert polystyren for å øke oppdriften.

Pumping av AUV-betong kan være meget krevende for utstyret. Høytrykkspumper med lange stempelbevegelser er derfor fordelaktig. Det er også fordelaktig om pulseringen og slagene i pumperøret er så små som mulig. Likeledes kan det være fordelaktig om pumpen er utstyrt med oljekjøler (for hydraulisk olje).

Hemmeligheten ved pumping av AUV-betong, ligger i å benytte lavt gir og pumpe meget sakte. Er en heldig, kan pumpestrykket være så lavt som 90-110 bar, 130-200 bar er mer vanlig. Ved økning av pumpehastigheten, kommer oljetrykket raskt over 300 bar uten at ytelsen i m^3/time øker. Det eneste som oppnås er at hydraulikkoljen går varm. Normal pumpekapasitet av AUV-betong for høykapasitetspumper (60-80 m^3/time) er i størrelsesorden 8-20 m^3/time , i heldige tilfeller 25 m^3/time . Figur B5.2.1. skisserer dette.

Det kan neppe understrekes sterkt nok at

- kjøring av betongpumpa på lav hastighet
 - bruk av pumperør med samme diameter (min. 5" i hele pumpeledningen)
- er nødvendig for å greie å pumpe AUV-betong av noe omfang.



Figur B5.2.1 Eksempel på avlest pumpestrykk avhengig av pumpehastighet. Ytelsen for pumpe var den samme ca. 12 m^3/time uavhengig av pumpehastigheten.

Dersom pumpa plasseres på båt eller lekter, må tidevannsvariasjonene observeres og tas hensyn til. Avhengig av hvilken referanse som benyttes ved loddingene (kfr. pkt. B6.5.5), må loddingene eventuelt korrigeres for vannstandsvariasjonene.

Pumpehastigheten bør nyanseres etter hvilket stadium en er i utstøpingen. Ved oppstart støping og inntil støperøret er godt dykket (minimum 70 cm), bør pumpehastigheten være meget lav for å få sakte utgliding av betongen. Spesielt viktig er dette ved bruk av Normalbetong, men all betong vil ha større risiko for utvasking dersom den beveger seg raskt i vann. Når støperøret er godt dykket, kan pumpehastigheten økes ved utstøping av grove tverrsnitt for å bedre utflytingen og korte ned den totale støpetiden.

B5.2.2 Pumperør/støperør

Støperøret monteres som en kontinuerlig forlengelse av pumperøret. Hvor kran benyttes til å plassere/løfte støperøret, bør pumperør og støperør forbindes med en seksjon av gummislange. Gummislange som overgang er i alle tilfeller å anbefale for å dempe pulsering og slag fra betongpumpa.

Alle rørkoblinger skal være forsynt med gummipakning for å gi maksimal tetthet.

Ved pumping av AUV-betong, bør hele pumpestrengen, inkludert støperør og ev. ventil, være 5" rør. 4" rør kan antagelig benyttes ned til ca. 10 meter dybde, men dette frarådes likevel fordi økningen av pumpetrykket ved overgang til 4" rør som regel vil være formidabel. Kfr. også pkt. B4.3.1.

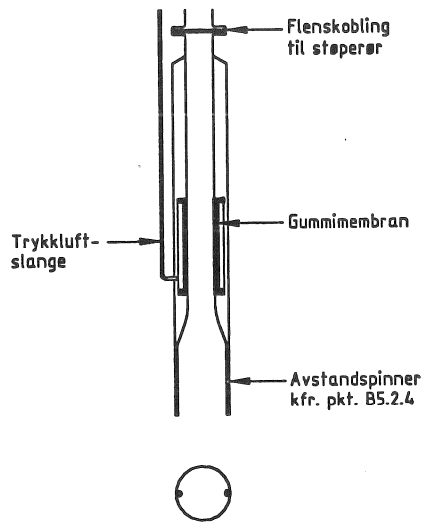
B5.2.3 Ventil

Ventiler til konvensjonelt dykket rørstøp (pkt. B5.1.5) kan også benyttes ved pumpestøp.

Hvis plasseringen av støperøret skal endres i løpet av støpeprosessen, må munningen av støperøret være forsynt med en ventil som kan åpnes/lukkes av pumpeoperatøren eller av dykker. Ventilen kan være pneumatisk, hydraulisk eller mekanisk drevet. Ventilen skal ha samme indre diameter som støperøret. Selve rørmunningen kan med fordel ha gradvis økende diameter. Avstanden fra selve lukkemekanismen til rørmunningen bør være kortest mulig. I Fig. B5.2.3 er vist skjematisk hvordan en pneumatisk ventil er bygget opp.

Også denne typen ventil har begrensninger mht. hvor stor vanndybde den fungerer på. Dersom det ensidige betongtrykket blir for stort, vil gummimembranen vrenge seg, og ventilen lar seg ikke åpne.

Dybdebegrensningen bør undersøkes for hver enkelt type ventil. For ett fabrikat av pneumatisk ventil, har det vært observert en grense på ca. 23 m.



Figur B5.2.3 Pneumatisk ventil vist skjematisk.

B5.2.4 Avstandspinne

Munningen av støperøret, med eller uten ventil, bør være forsynt med en eller flere påsveisede avstandspinner, se Fig. B5.2.3. Avstandspinnene bør ha lengde 10-15 cm ved oppstart med AUV-betong, 5-7 cm ved oppstart med Normalbetong. Dermed har en kontroll med rørmunningens plassering, også om betongpumpas hydrauliske bom eller kranarmen skulle ha tendens til å sige. Om rørmunningen kommer helt ned til bunnen, vil støperøret begynne å hoppe i takt med pumpingen.

Ved støp mot løsmasser, må det plasseres stålplater eller betongheller på underlaget der støperør med avstandspinne forutsettes plassert, kfr. pkt. B6.3.

B5.3 UTSTYR FOR TOBBSTØP/BØTTESTØP

Utstyret består av betongtobb av egnet størrelse og utforming som heises/fires av kran. Tobben skal enten være forsynt med "strømpe", eller kombineres med bruk av skråplan/renne som betongen kan gli på fra tobbåpningen ned til sin endelige plass.

B6 UTFØRELSE AV UNDERVANNSSTØP

B6.1 GENERELT

Utførelsen skal være slik at betongen kommer minst mulig i kontakt med vann, og at bevegelsene betongen har i kontakt med vann, blir så rolige som mulig.

B6.2 VALG AV STØPEMETODE OG BETONGTYPE

Generelt framheves pumpestøp som en sikrere støpemetode enn konvensjonell dykket rørstøp, fordi betongen kan presses ut med større kraft enn gravitasjonskraften alene. Dette medfører at en kan benytte større neddykkingsdybde av støperøret, noe som gir gunstigere utstrømningsbilde og mindre risiko for slamdannelse. Forskjellen mellom de to metodene, vil være særlig stor, i favør av pumpe, ved utstøping på grunt vann, dvs. med korte støperør. Risikoen for "luftpropp" (se Appendiks 1), er dessuten eliminert. Pumpestøp gir i de fleste tilfeller også høyere støpekapasitet, som igjen gir forbedring av stighastigheten.

Ved pumpestøp kan det benyttes både AUV-betong og Normalbetong.

Ved konvensjonell dykket rørstøp, vil AUV-betong bevege seg meget sakte i støperøret, i mange tilfeller så sakte at en skal være tålmodig av natur for å kalle det bevegelse. Hastigheten avhenger imidlertid av rørdiameteren, rørlengden (vanddybden) og AUV-doseringen. Som veiledning antydes det at AUV-betong kan benyttes for rørlengde 12 +/- 5 m ved 8" rør, 7 +/- 3 m ved 6" rør. Kombinasjonen av konvensjonell dykket rørstøp og AUV-betong, er et aktuelt alternativ stort sett bare ved slanke tverrsnitt på grunt vann.

Oppstart av undervannsstøp med AUV-betong er meget gunstig av flere grunner:

1. Betongen er meget seig og glir sakte ut av støperøret når slippet tas. Dette, samt betongens utvaskingsmotstand, medfører lite utvasking og slamdannelse.
2. Betongen beveger seg sakte ("kryper") utover bunnen og får dermed god kontakt med underlaget uten utvasking av betydning.
3. AUV-betongen hjelper etterfølgende Normalbetong i å flyte bedre ut. AUV-betongen kan betraktes som en "flytepute".

Fortsettelse, og eventuell fullføring av undervannsstøp med AUV-betong, har som fordel at:

1. Utflytingen blir bedre, høydeforskjellene i betongoverflaten blir betydelig mindre.
2. Betongen beholder flyteevnheten lengre tid og fyller bedre ut rundt armeringen, uten slamdannelse i skyggen av armeringen og andre hindringer

Bruk av AUV-betong i hele støpen er særlig aktuelt ved

- tynne plater
- meget store støper der stighastigheten blir liten, kfr. pkt. B6.5.4.

AUV-betong bør ikke benyttes i frostsone eller der betongen kan tørke ut over lengre tid, kfr. pkt. A2.1.5.

B6.3 UNDERLAG AV LØSMASSER

Der det skal støpes mot løsmasser, må det under hvert støperør/hver pumperør plassering være plassert en stålplate eller betonghelle min. 0.75 x 0.75 m som beskyttelse mot erosjon. Ved pumpestøp, hvor enden av støperøret bør være forsynt med en avstandspinne (Kfr. pkt. 5.2.4), må stålplatetykkelsen være så stor at gjennomlokking unngås.

B6.4 AVSTAND MELLOM STØPERØR

Det må forutsettes tilstrekkelig antall plasseringer av støperør/pumperør slik at betongen flyter godt sammen overalt. Det kan antas utflytingslengder

- ca. 2 m ved Normalbetong med pukk
- ca. 2,5 m ved Normalbetong med singel
- ca. 4-5 m ved bruk av AUV-betong

I spesielle tilfeller har utflytningslengder helt opp til ca. 20 m, med overflathelning 1%, blitt observert ved bruk av AUV-betong. Ved stor utflytingslengde har imidlertid betongen ofte tendens til mørtelseparasjon. Eksempel på utflytingsprofil for AUV-betong og Normalbetong er gitt i Fig. B4.3.3.

Faste støperør bør derfor ikke ha større avstand enn

- ca. 4 m ved Normalbetong med pukk
- ca. 5 m ved Normalbetong med singel
- ca. 8-10 m ved bruk av AUV-betong

Avstanden fra faste støperør til hjørner bør ikke overstige utflytingslengdene angitt foran (henholdsvis ca. 2 m, ca 2,5 m og ca. 4-5 m)

Helningen av overflaten av Normalbetong blir vanligvis noe i nærheten av 1:5, men den vil variere med betongegenskaper og utførelse. I enkelte tilfeller har det vært målt 1:8 og 1:10 med Normalbetong.

Ved bruk av flyttbart støperør (pumpe med ventil), antas i utgangspunktet samme rørplasseringer som angitt foran. Dersom lodding viser slak helning av betong-overflaten og små høydeforskjeller, kan avstanden mellom støperørplasseringer økes opp til det doble av det som er angitt foran.

B6.5 GJENNOMFØRING AV STØP

B6.5.1 Støpeplan

Minst 1 uke før undervannstøp utføres, skal den endelige støpeplanen overleveres byggherren. Planen skal være utarbeidet under ledelse av og underskrevet av produksjonslederen.

Planen bør inneholde blant annet:

- Personell/organisasjon
 - * Produksjonsleder
 - * Eventuelt transportkoordinator (ved lang/komplisert transport eller flere blanderier)
 - * Ansvarlig for fylling/veksling mellom støperør
 - * Ansvarlig for lodding/utflytingskontroll
 - * Dykker
- Blandeanlegg
 - * Driftsansvarlig blandeanlegg
 - * Dokumentert betongresept
 - * Blandekapasitet - leveringsplan
 - * Transportkapasitet – leveringsplan
- Utstøping
 - * Støperørplassering, eventuell flytteplan for pumpe basert på profiler eller kotekart for bunn byggegrop
 - * Hvordan støp skal startes opp
 - * Plan for lodding/utflytingskontroll (skjema)
 - * Vurdering av vannstandsvariasjoner (tidevann)
 - * Tidspunkt for oppstart slik at støpefronten bryter vannspeilet på synkende vannstand (der dette er av betydning)
 - * Spesielle kontroller utført av dykker
 - * Spesielle arbeider ved avslutning av støp
 - * Plan for anvendelse av dykkere/skiftplan ved store dyp
 - * Stopp-prosedyre ved eventuell svikt i betongtilførsel eller rigg
- Reserveutstyr og -materiell, eventuell plan for kontrollert stopp ved manglende reserve.
- Kontroll- og dokumentasjonsplan

Før utstøping starter, skal det kontrolleres at alt nødvendig utstyr er på plass og fungerer, og at alt forutsatt personale er på plass.

B6.5.2 Oppstart av støp

Utsøping skal starte i formens laveste punkt. Flaten det skal støpes mot må derfor være kartlagt på forhånd.

B6.5.3 Smøring av støperør

Uansett støpemetode, skal det påses at støperørene blir tilstrekkelig smurt ved oppstart av støp. Ved meget korte støperør og bruk av mørtelrik betong, vil betongen alene inneholde tilstrekkelig smøring. Ved lengre støperør (> 4-5 meter), bør støperørene smøres opp med sementrik mørtel før betong tilføres.

Mengden mørtel tilpasses rørlengden og rørdiameteren.

Betongpumpe med pumpeledning må også smøres opp før AUV-betong pumpes gjennom. Hvor det benyttes AUV-betong, bør også smøremassen inneholde AUV-stoff.

Smøremassen skal være sementrik mørtel eller rent sementlim og skal ikke inneholde oljeprodukter.

B6.5.4 Stigehastighet

Undervannsstøp må gjerne utføres med meget høy stigehastighet. Stor stigehastighet reduserer risikoen for støpefeil. Forskalingen må være dimensjonert for det forskalingstrykket som følger med den stigehastigheten som benyttes.

Betongutflytingen avhenger i stor grad av dybden av bløt betong, kfr. kap.B3. Hvor raskt konsistenstapet skjer, er avhengig bl.a. av masseforholdet, betongtemperaturen, valg av plastiserende tilsetningsstoffer, størkningsretardasjon og AUV-dosering. Det er verd å merke seg at retardasjon av størkningen ikke nødvendigvis gir tilsvarende utsettelse av konsistenstapet.

Stigehastigheten bør være så stor at det fylles på med ny, bløt betong på toppen i minst like stor takt som betong mister flyteevnen i bunnen. Hastigheten i konsistenstapet øker betydelig når hydrasjonsvarme utvikles. Problemer med utflyting på grunn av for lav stigehastighet, viser seg først flere timer etter at stigehastigheten har vært for lav. Om betongen har et normalt/langsamt forløp for konsistenstap, er det derfor ikke kritisk om stigehastigheten blir lavere enn verdiene angitt nedenfor de aller siste timene av en langvarig støp. Stigehastigheten er heller ikke kritisk for undervannsstøper som fullføres i løpet av 3 – 4 timer, altså før noe betong har mistet flyteevnen.

For store undervannsstøper som varer lengre enn 3 – 4 timer, må det imidlertid stilles betydelige krav til stigehastigheten. Ved bruk av Normalbetong bør stigehastigheten, regnet som gjennomsnitt over en 3 timers periode, ikke være mindre enn 0.6 m/time. Regnet over en periode på 1 time skal stigehastigheten ikke underskride 0.5 m/time. Kommer stigehastigheten av noen årsak ned mot 0.3 m/time, bør støpearbeidet normalt avbrytes dersom flere timers støping gjenstår. Avbryting av støpearbeidet bør vurderes ut fra betong- og vanntemperatur, betongens forløp for konsistenstap, dybde av bløt betong foruten hvor lenge støpehastigheten vil være liten.

Selv ved godt planlagt og dimensjonert tilrigging vil, det på de fleste stedene være meget vanskelig å oppnå en kapasitet for betongtilførsel på mer enn 50 m³/time. I så fall går det en grense på ca. 80 m² tverrsnittsareal for hvor stort et fundament kan være hvis det skal støpes ut under ett med Normalbetong.

Støpeavsnitt som ikke støpes ferdig innen 3 – 4 timer, eller som har så stort tverrsnittsareal (i horisontalplanet) at betongproduksjons- og tilførselskapasiteten vil resultere i stigehastighet mindre enn 0.6 m/time, bør derfor enten

- a) seksjoneres, eller
- b) støpes ut i sin helhet med en AUV-betong som beholder flyteevnen lenge.

AUV-stoffene som er på markedet, har svært ulike egenskaper med hensyn til betongens flyteevne og bibehold av flyteevnen over tid. Varigheten av flyteevnen kan ikke forbedres med størkningsretarder (R-stoff) for alle AUV-stoff. Krav til stigehastighet

ved støp med AUV-betong, kan derfor ikke gis generelt, men må relateres til det enkelte fabrikat av AUV-stoff. AUV-dosering har selvfølgelig også stor betydning. Noen AUV-stoff gir ikke vesentlig forbedring i forhold til Normalbetong, slik at kravene til stighastighet med Normalbetong må gjøres gjeldende. Andre AUV-stoff gir ved "full dosering" betong som beholder tilstrekkelig flyteevne i størrelsesorden 10 timer, og ved bruk av slik betong kan kravet til stighastighet reduseres til 0,1 m/time når varigheten av støpingen med AUV-betong er mindre enn 12 timer. Ved støper som varer lengre bør stighastigheten med AUV-betong være minst 0,25 m/time.

B6.5.5 Neddykkingsdybde

Fra støpen starter til betonghøyden har passert ca. 1 m, skal støperørets munning holdes nær bunnen. Under utstøpingen videre, skal støperøret alltid holdes neddykket minimum 70 cm, fortrinnsvis minst 1 m, i bløt betong.

Større neddykkingsdybde er gunstig og bør tilstrebes, kfr. kap.B3.

Ved konvensjonell dykket rørstøp holdes neddykkingsdybden så stor at betongstrømmen holdes jevn og i balanse med betongtilførselen. Ved økt neddykkingsdybde, reduseres strømningshastigheten eller strømmingen stoppes helt.

B6.5.6 Lodding

Under utstøpingen skal utflytingen, dvs. nivået for øk. betong samt støperørets neddykking, kontrolleres stadig (minst 1 gang pr. time) ved lodding i henhold til en forhåndsbestemt plan. Betongnivået skal som minimum kontrolleres ved støperørene og langs forskalingen i hjørnene. Avhengig av referansen det måles mot, må eventuelt loddingene (neddykkingsdybden for støperøret) korrigeres for vannstandsvariasjonene (tidevann).

B6.5.7 Lekkasjer i formen

Etter oppstart av undervannsstøp, bør dykker kontrollere forskalingen for lekkasjer ved inspeksjon på utsiden. Spesielt ved bruk av AUV-betong (som lett finner lekkasjer), er det viktig at lekkasjen stoppes meget omhyggelig så snart som mulig.

B6.5.8 Avslutning av undervannsstøp over vann

Støp startet opp som undervannsstøp bør fortsette uvbrutt på uforandret måte inntil endelig nivå er nådd. Dvs. når betongoverflaten bryter gjennom vannoverflaten, bør støpen fortsette som dykket rørstøp inntil den avsluttes.

Eventuelle slamlommer mot forskalingen bør imidlertid fjernes når overflaten er blitt tørrlagt.

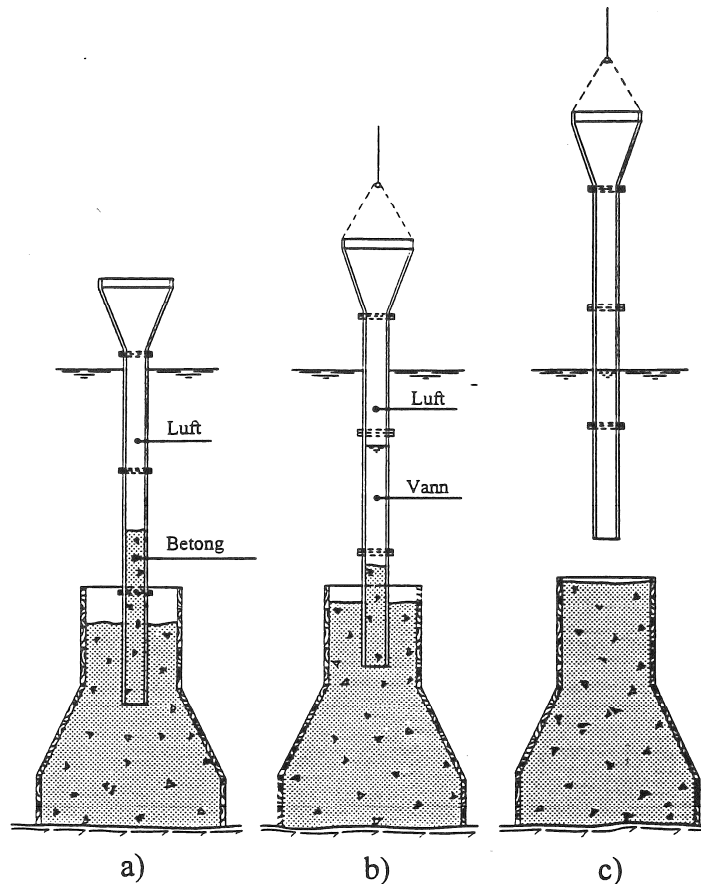
Avslamming av hele overflaten bør først foretas når forutsatt avslutningsnivå er nådd.

Øverste del av undervannsstøp avsluttet over vann komprimeres ved vibrering etter at avslamming er utført.

B6.5.9 Avslutning av støp under vann

Det vises til Fig. B6.5.9:

- Når støp med dykket rør uten ventil avsluttes, vil betongen stå i støperøret i en likevektshøyde som vist på Fig. B6.5.9 a)
- Deretter fylles støperøret med vann
- Støperøret kan nå trekkes opp uten risiko for store utvaskinger
- Pumpestøp med ventil avsluttes under vann ved at ventilen stenges og røret heises sakte rett opp.



Figur B6.5.9 Avslutning av støp under vann

B6.5.10 Avbryting av støp

Dersom uforutsette hendelser medfører at utstøping ikke kan gjennomføres som planlagt, kan det være minst like ugunstig å fortsette støpen som å avbryte den. Beslutning om å avbryte støpen er alltid svært vanskelig å ta.

Forhold som kan medføre at støpen avbrytes er:

- svikt i betongtilførselen, f.eks. ved havari av betongblander eller tilførselsrigg
- vanninnbrudd eller lekkasje oppdages i ett eller flere støperør, kfr. pkt. B3.3
- svikt eller store lekkasjer i forskalingen, kfr. pkt. B7.1.1
- redusert støpehastighet slik at stige-hastigheten blir for lav, kfr. pkt. B6.5.4.

Overflate av avbrutt støp behandles som støpeskjøt, kfr. pkt A2.4.3. Oppstart av ny støp bør utføres med AUV-betong.

B6.5.11 Rengjøring i støpeskjøter

Rengjøring kan utføres f.eks. med høytrykkspyling og slamsuger etter at betongen har begynt å binde av, alternativt med sandblåsing eller vannjet etter at betongen har herdnet.

Det vises til pkt. A2.4.3 og til pkt C2.

B6.6 BRUK AV STAVVIBRATOR VED UNDERVANNSSTØP

Avhengig av betongens utflytingsevne og støperørets neddykkingsdybde vil det bygge seg opp større eller mindre hauger ved støperørene. I uheldigste fall kan haugene gli ut

("ras"), og en kan få vanninnbrudd i støperøret. Vibrering kan være en effektiv måte å redusere oppbyggingen av hauger på.

Det er å merke seg at hensikten med vibrering er å oppnå bedre utflyting, bedre komprimering er en sekundær effekt. En god og seig undervannsbetong gir dårligere respons på vibrering enn en normal tørrstøpsbetong.

Vibrering kan utføres med stavvibrator fast opphengt nedenfor munningen av støperør og ved stavvibrator som senkes ned/heises opp av betongen for hver gang.

Vibratoren må være slått av når den senkes ned i betongen. Overkant av vibratorflaska skal være min. 0,5 m under betongoverflata når vibratoren startes.

Før og etter at vibratoren startes skal nivået for betongoverflaten kontrolleres ved lodding. Etter bruk skal vibratoren trekkes sakte rett opp i avslått tilstand. Det skal ikke vibreres i overgangen mellom betong og vann.

Vibrering må alltid utføres **før** eventuell heising av støperørene, **aldri etter** heising av rørene. Dette for å unngå eventuelt vanninnbrudd i støperørene. Det tryggeste er å senke støperørene når vibrering utføres og betongoverflaten har store høydeforskjeller.

Vibrering kan være spesielt aktuelt å utføre ved avslutning av utstøping, for å oppnå jevnere overflate / mindre høydevariasjoner.

B6.7 UNDERSTØP AV SENKEKASSER OG PREFABRIKKERTE FUNDAMENTER

Rommet betongen skal utstøpes i, bør ha tilstrekkelig høyde til at betongen ikke hindres vesentlig i sin utflyting, samtidig som det bør være av så lite volum som mulig, slik at utstøpingen kan gjennomføres raskt. Gunstig høyde av understøpen er:

- 25-30 cm ved bruk av AUV-betong ($D_{\max} = 16-20 \text{ mm}$)
- 5-10 cm ved bruk av AUV-mørtel ($D_{\max} = 8-10 \text{ mm}$)

Dersom avstanden fra uk senkekasse/fundament til underlaget overstiger disse verdiene vesentlig (i enkelte partier eller generelt) og senkekassa/fundamentet har stort areal, vil det øke sikkerheten for fullstendig understøp betydelig, dersom det utføres en utflaskingsstøp med AUV-betong før senkekassa/fundamentet plasseres. Overflaten av utflaskingsstøpen må rengjøres, kfr. pkt. A2.4.3.

Understøpen anbefales utført med pumpe, som kan tilføre betongen med ekstra overtrykk og med større hastighet enn betongens naturlige utflytingshastighet. Rask og kontinuerlig betongtilførsel uten avbrudd, er vesentlig for å oppnå sikker utstøping. Betongen bør beholde sin flyteeвне så lenge utstøpingen varer.

Senkekassebunnene vist i pkt. B8.3.3 er utformet med henblikk på at betongen skal pumpes inn gjennom rør plassert i midten av senkekassene. Innpumping av betong bør fortsette kontinuerlig inntil betongen overalt utenfor senkekassa står minst 150 mm over uk senkekassebunn. Plassforholdene for støperøret medfører at oppstart av støping som hovedregel må utføres med bruk av vaskeball (skumplastball) som "ventil".

Dersom støperøret blir stående åpent etter at utstøpingen er fullført, må det påses at det er trykkløst mellom vann utenfor og inni senkekassa til understøpsbetongen har herdnet.

B7 FORSKALING OG ARMERING

B7.1 FORSKALING

Forskalingen kan bygges av treverk, stål eller betongelementer.

Før plassering av forskaling for pilarer, MÅ eventuell senterbolt fjernes for ikke å hindre støperøret og/eller ventil i å komme helt ned til bunnen.

B7.1.1 Styrke og tetthet

Forskalingen skal være tett og ha tilstrekkelig styrke og stivhet til å tåle støpetrykket. Under støping bør det tilstrebes høy stige-hastighet og stor neddykkingsdybde av støperøret, noe som gir høyt forskalingstrykk.

Forskalingen må forankres tilstrekkelig mot oppdrift og sideforskyvning. Forskaling og forankringer skal dimensjoneres under hensyntagen til lokale forhold mht. strøm og bølger, samt hvor lenge forskalingen skal stå før støping kan utføres.

Ved bruk av AUV-betong, er det spesielt viktig at formen, inkl. tilpasning mot bunn, er absolutt tett. AUV-betongens spesielle flyteegenskaper og retarderte størkning, medfører også høyere forskalingstrykk og risiko for store lekkasjer dersom det finnes utettheter.

Mindre lekkasjer i tilpasningen mot bunn, kan i de fleste tilfeller tettes ved fylling med sand eller singel, med sandsekker e.l. Dersom det rent praktisk kan utføres tetting fra innsiden, vil dette være det mest effektive. Større lekkasjer, spesielt ved bruk av AUV--betong, og skader som oppstår i forskalingen under utstøping, er meget vanskelige å utbedre, og resulterer som regel i at støpen må avbrytes.

B7.1.2 Overløp

Overløp anordnes like over vannlinjen for å gi utslipp for den vannmengden som etter hvert fortrenses av betongen.

B7.1.3 Stag

Forskalingsstag bør legges i foringsrør av plast. Mht. stagplassering, bør det påses at det ikke oppstår hindringer for plassering og ev. bevegelse av støperør.

Alle stag bør trekkes til jevnt med tilnærmet samme kraft.

B7.1.4 Løsning og riving av forskaling

Forskalingen bør løsnes (men ikke fjernes) så tidlig at det ikke er risiko for at den "brenner fast".

I prinsippet kan en unngå termisk opprissing ved å rive forskalingen når temperaturen er stigende, men ennå ikke har nådd toppen. Dette krever imidlertid at en har nøye kontroll med betongens temperatur- og fasthetsutvikling. For tidlig riving av forskaling, kan gi betydelige rivingsskader.

Generelt bør all forskaling fjernes for inspeksjon av betongoverflaten, med mindre den er forutsatt å bli stående som permanent beskyttelse. Slik beskyttelse kan være ishud eller gjenstående forskaling av tre eller betong. Spesielt i tidevannssonen av pilarer, har forskaling av impregnert trevirke blitt benyttet som permanent beskyttelse, forutsatt at inspeksjon av avdekket betongoverflate under og over ikke har gitt mistanke om skader.

B7.1.5 Forskaling av tre

Forskalingsshuden kan være av f.eks. pløyde bord, 2" plank eller av vannfast, plastbelagt finér med tette skjøter. Vanlige tørre 1" forskalingsbord frarådes benyttet fordi bordene enten vil slå seg pga. svelling, eller gi utett forskaling. Treverk har en svelling i størrelsesorden 2% på tvers av fiberretningen.

B7.1.6 Forskaling av spunt

Spunten skal tilstrebes utført med tette låser. Ansett av spunten bør være utenfor teoretisk beliggenhet for å ha margin for loddavvik og at spunten drar seg.

B7.2 ARMERING

Armeringen prefabrikeres oftest i komplette kurver eller store enheter på land, og fires ned i forskalingen.

Dersom sveising på armeringen ikke kan tillates, for eksempel pga. utmattingspåkjenning, bør dette være spesifikt angitt i produksjonsunderlaget.

Til hjelp ved plassering av armeringsenhetene og til sikring av armerings-overdekningen, kan det med fordel benyttes betonghjul som er tredd på armeringen. Stive armeringsstoler som kan hindre eventuell forskyving av armeringen pga. støpetrykket, skal alltid benyttes.

Kvadratiske eller rektangulære armeringsstoler (betongklosser) mot vertikale flater, plasseres med ett hjørne nedover for å bedre utflytingen rundt stolen.

Armeringen bør ikke monteres nær inntil eller bindes til forskalingsstagene.

B8 KONSTRUKTIV UTFORMING

B8.1 MATERIALVALG

B8.1.1

AUV-betong anbefales brukt, spesielt i starten av all undervannsstøp, da den har bedre utflytingsegenskaper enn Normalbetongen.

Materialvalget bør gjøres tidlig i prosjekteringen fordi det har innvirkning på konstruksjonsutformingen. Se bl.a. pkt. A2.1.6, A4.1.2, A4.3.1 og A4.4.2.

B8.1.2

Epoksybelagt armering medfører ikke lemping av noen tekniske krav. Spesielt i tidevannssonen kan epoxybelagt armering gi verdifullt bidrag til holdbarhet, forutsatt at en ved utførelsen er nøye med flikking av eventuelle sår i belegget. Med unntak av omfaringskjøter med ubelagt armering, bør en unngå en blanding av belagt og ubelagt armering. Slike omfaringskjøter bør legges minst 5 m over middelvannstanden. Det skal ikke være elektrisk kontakt mellom epoksybelagt og vanlig, ubehandlet armering. Det vises til NS 3574. (2011-rev: Epoksybelagt armering finnes ikke lenger på det norske markedet og NS 3574 er trukket tilbake).

B8.2 MÅL OG DIMENSJONER

B8.2.1

En konstruksjonsdels minste betongmål i horisontalretning bestemmes hovedsaklig av den nødvendige plass for støperørslensen eller pumpens munningsventil. Det vil si at armerte pilarer ikke bør ha mindre tverrmål enn 700 mm, og armerte vegger ikke mindre tykkelse enn 600 mm.

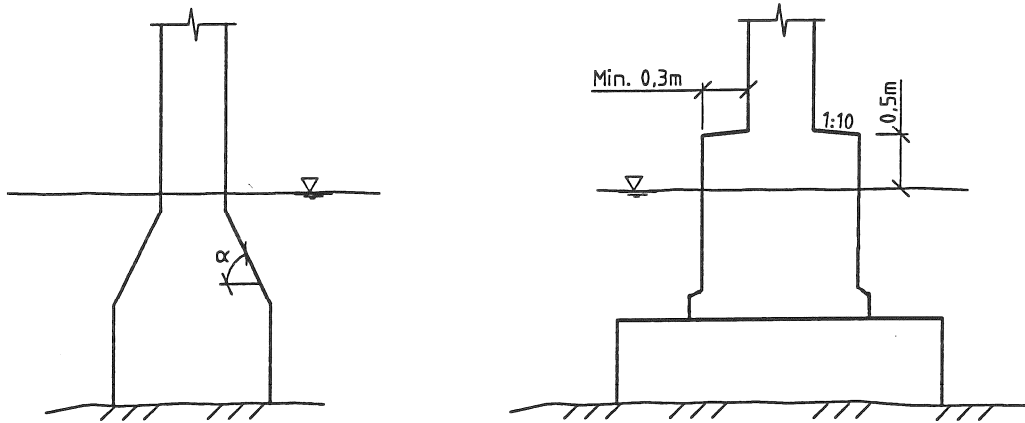
B8.2.2

En konstruksjonsdels minste betongmål i vertikalretning bestemmes hovedsaklig av utførelsesmetode og materialvalg. For eksempel ved bruk av pumpe og AUV-betong, kan tykkelsen av en plate gjøres mindre enn med bruk av tradisjonell rørstøp og Normalbetong. For permanente konstruksjoner, bør minimumstykkelse ikke gjøres mindre enn 700 mm og 1000 mm ved bruk av henholdsvis AUV- og Normalbetong. For midlertidige konstruksjoner, som f.eks. tetteplate i spuntgrop, kan dette fravikes.

B8.2.3

Undervannsstøpte konstruksjoner bør ikke utformes med horisontale hyller. Ved tverrsnittsendringer, bør overflaten utformes skrå. Vinkel α på nedenstående figur bør være $\geq 60^\circ$. Se pkt. A4.4.4.

Dersom fundamenter utføres med sokkel, bør sokkelen gå minimum 300 mm utenfor søyla. Sokkel som avsluttes over vann, bør føres 500 mm over høyeste vannstand og avrettes med fall 1:10 fra søyla. Se nedenstående figur.



Figur B8.2.3

Utspring av:

- fundament utenfor sokkel og
- sokkel utenfor søyle

bør fortrinnsvis ikke overstige 1.0 m. I spesielle tilfeller kan utspringet være inntil 2.0 m. Det må da kontrolleres at betongens utflytingslengde fra støperørene ikke blir for stor, kfr. pkt. B6.4.

B8.2.4

Toleranser bør generelt fastlegges ut fra reelle behov for nøyaktighet. Selv om stor nøyaktighet er teknisk oppnåelig, bør en også ta hensyn til at unødvendige krav til nøyaktighet kan medføre unødvendige kostnader.

"Standardiserte toleranser" som benyttes ved bygging over vann, bør generelt ikke gjøres gjeldende under vann uten at de tekniske/økonomiske konsekvensene er vurdert.

Krav til sammensatt byggtoleranse bør i hvert enkelt tilfelle bestemmes avhengig av bl.a.:

- konstruksjonstype og behov for stor nøyaktighet (Montering av prefabrikkerte elementer av stål eller betong krever vanligvis større nøyaktighet enn plaststøpte løsninger)

- mulighet for å korrigere avvik i tidlige konstruksjonselementer i de etterfølgende konstruksjonselementer (For eksempel mulighet for å forskyve plassering av søyle på fundamentet)
- konstruksjonens virkemåte og konstruktive utnyttelse (Dimensjoner kan for eksempel være bestemt av andre forhold enn bæreevne)
- mulighet rent teknisk for å oppfylle nøyaktighetskrav (for eksempel pelehode for peler i vann)

Ut fra behovsvurderinger, vil tillatte toleranser ofte kunne være forskjellig i x- og y-retning, f.eks. på langs og på tvers av en bruakse. Systematiske og usystematiske avvik for ulike konstruksjonsdeler, kan også gi ulike konsekvenser. For eksempel trenger ikke alltid en mindre dreining eller parallellforskyvning av en bruakse å ha praktisk betydning.

B8.3 STØPESKJØTER OG KONTAKTFLATER

B8.3.1

Dersom konstruksjonen har utstrekning i horisontalplanet større enn ca. 80 m², kan det være behov for at konstruksjonen (kfr. pkt. B6.5.4) enten

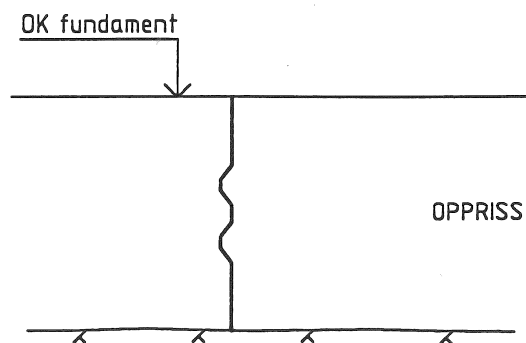
- seksjoneres eller
- utstøpes i sin helhet med AUV-betong.

B8.3.2

Horisontale støpeskjøter bør tilstrebes unngått under vann. Eventuell støpeskjøt bør bare legges inn i overgangen mellom fundament/søyle (sokkel) og ved eventuell sokkel/søyle.

Dersom seksjonering av fundamentet blir nødvendig, skal skjærkrefter i støpeskjøter dimensjoneres i henhold til NS-EN 1992-1-1+NA.

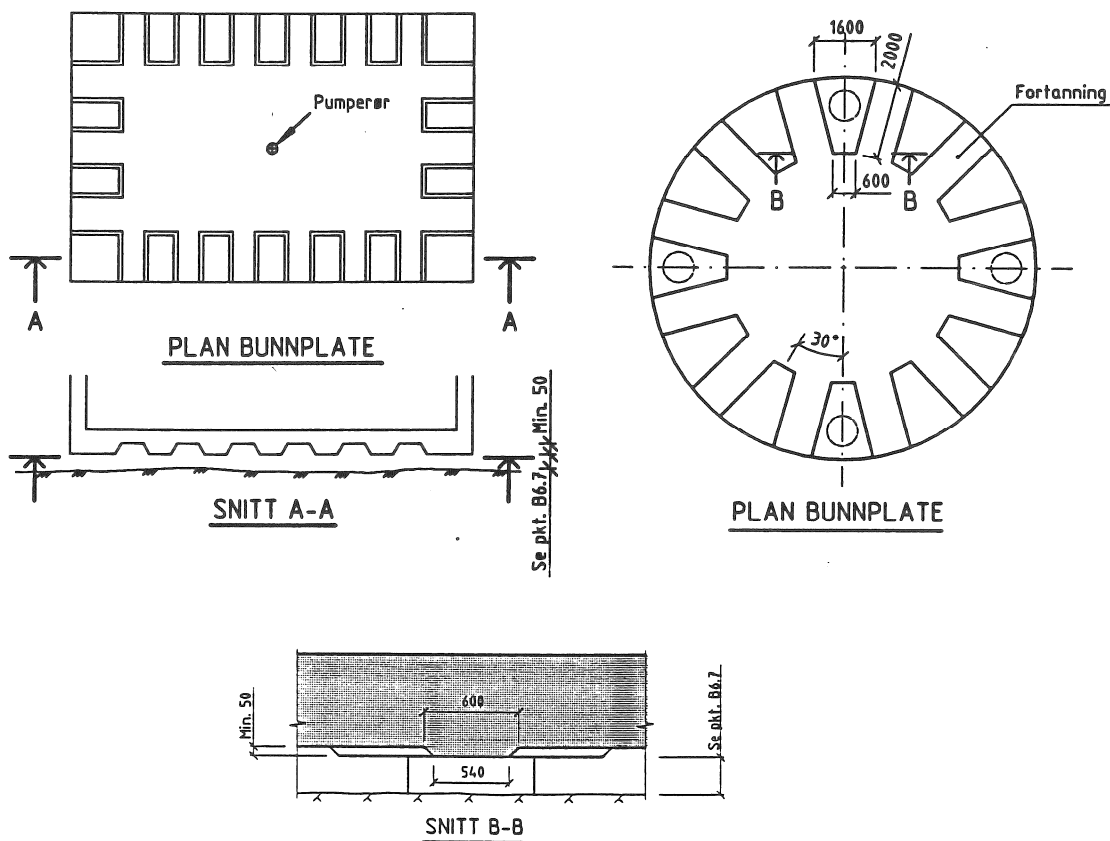
Dersom fortanninger velges i vertikale støpeskjøter, blir fortanningens størrelse bestemt ut fra dimensjoneringen. Følgende prinsippsskisse kan legges til grunn:



Figur B832 Prinsipp for fortanning i vertikale støpeskjøter.

B8.3.3

Underkant bunnplate av senkekaske, som skal understøpes, bør utføres med fortanninger som f.eks. vist på figur B8.3.3. Utstøping under senkekaske er omhandlet i pkt. B6.7.



Figur B8.3.3 Fortanning av bunnplate i senkekaske.

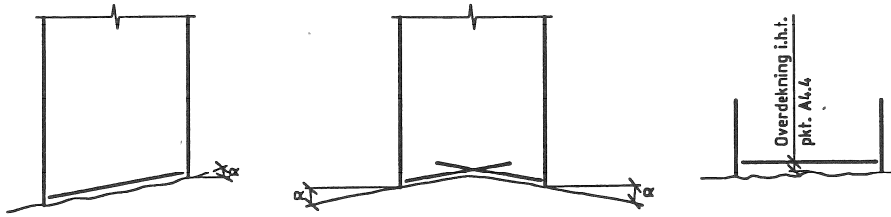
Det skal være tilstrekkelig skjæroverføringskapasitet mellom bunnplate og understøpsbetong/mørtel og mellom understøp og fjell.

For fundamenter generelt, inkludert senkekasser, kan det regnes med følgende friksjonskoeffisienter:

	μ
Sprengt fjelloverflate	1.0
Ru "	0.7
Glatt "	0.4 - 0.6

B8.3.4

For fundamenter på fjell, skal det sprenges en tilnærmet horisontal fjellfot.



Figur B8.3.4 Eksempel på fjellfot for fundamenter på fjell.

Fjellets overflate bør ikke ha større helning α enn følgende:

Uten fjellbolter/spennkabler: $\alpha \leq 1 : 8$

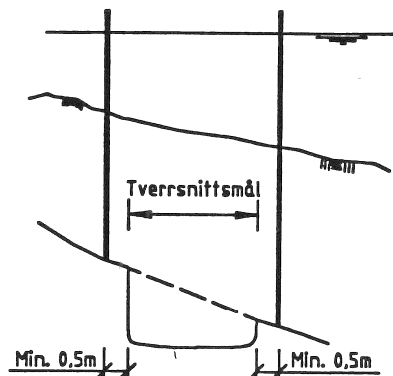
Med fjellbolter/spennkabler: $\alpha \leq 1 : 6$

Fundamenter bør tilstrebes utført med konstant høyde selv om dette medfører økt sprengningsvolum i skrånende fjell. Det vil si at avtrappet fundamentflate bør unngås.

B8.4 SPESIELL FORSKALING

B8.4.1

Vedrørende nedsetting av spunt til forskaling og deretter påfølgende sprengning av fjellfot, bør avstanden mellom spuntvegger og fundamentets tverrsnittsmål tilpasses fjellkvaliteten og minst være 0.5 m. Det må også settes en maks grense for denne avstanden ut i fra konstruktive vurderinger, dersom spunten er forutsatt brukt som forskaling. Se også pkt. B7.1.6.



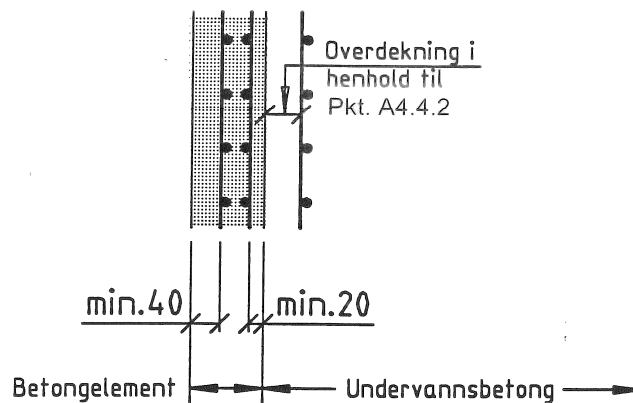
Figur B8.4.1 Eksempel på spunt som forskaling ved sprengning av fjellfot.

B8.4.2

Spunt/stålrør kan inngå som del av permanent konstruksjon dersom krav stilt i svenske brunormer, BRO 2002 Bilaga 5 - 3 blir gjort gjeldende. (Kfr. www.vv.se, klikk på publikasjoner - blanketter - bropublikasjoner).

B8.4.3

Vedrørende overdekning til prefabrikkerte betongelementer, gis følgende anbefaling:



Figur B8.4.3 Overdekning – prefabrikkerte elementer.

B8.4.4

For pelehoder i vann, anbefales tørrstøp både av selve fundamentet og eventuelle utstøpte stålrørspeler. Dersom undervannsstøpt plate anvendes som forskaling av fundamentet, skal denne delen ikke inngå i tverrsnittet ved dimensjoneringen av fundamentet, kfr. pkt. A4.9.2. Dersom forskalingsplaten utføres som tørrstøp, og alle krav til støpeskjøter som behandles i NS-EN 1992-1-1+NA overholdes, kan den inngå i tverrsnittet. Det å legge all underkantarmering for fundamentet i forskalingsplaten, anses imidlertid som en lite ønskelig løsning.

B8.5 FJELLBOLTER/FJELLSTAG**B8.5.1**

Prosjekteringspraksis med hensyn til bruk av fjellbolter til å oppta krefter i permanente konstruksjoner, varierer med konstruksjonstypen. Spennkabler kan normalt benyttes til forankring av permanente konstruksjoner i ulykkesgrensetilstand og byggetilstand.

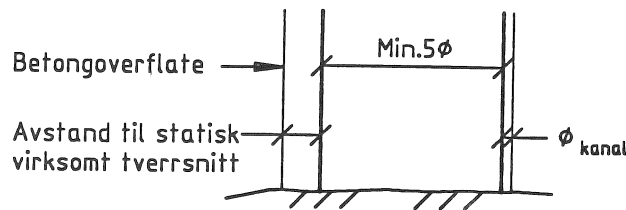
Ved bruk av fjellbolter, settes forankringslengden i fjellet til minimum 80 x stangdiameter. Forankringslengden opp i fundamentet bør dessuten økes med 150 mm i forhold til NS-EN 1992-1-1+NA.

For fjellbolter i grove konstruksjoner, anbefales avstanden mellom betongoverflaten og fjellbolten til å være minimum 500 mm.

Vedrørende fjellbolter for øvrig, vises til Vegvesenets Håndbøker nr. 135, 016 og 100-3) (Revisjoner medfører uklarhet med hensyn til hvor relevant stoff vil bli stående.)

B8.5.2

Ved bruk av spennarmering, anbefales den frie avstanden mellom kanalvegg og betongoverflate som vist nedenfor:



Figur B8.5.2 Spennarmering – anbefalt avstand mellom kanalvegg og betongoverflate.

Kfr. Tabell A4.1

B8.6 ARMERING

B8.6.1

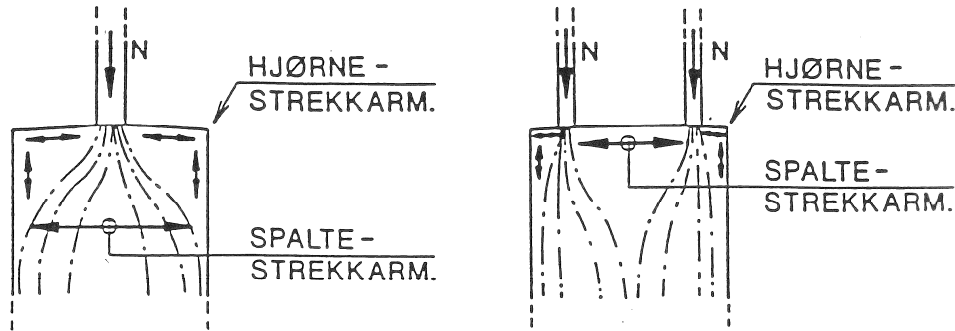
I kap. A4 er det i punktene A4.2, A4.3 og A4.4 satt minimumskrav til armeringsutformingen. Den prosjekterende bør ha klart for seg at all armering er et hinder for betongutflyting, slik at det ikke blir valgt å legge seg på minimumskravene uten at det er nødvendig. Større armeringsdimensjoner, større armeringsavstander og større armeringsoverdekning vil bidra til mindre risiko for dårlig utstøping av det viktige overflatesjiktet. Selv om betongen har førsteklasses flyteegenskaper når den kommer i formen, reduseres flyten etter hvert både ved tiksotropisk tilstivning og seinere ved slumptap. Problemer med utflyting viser seg erfaringsmessig først 3 – 5 timer etter at støpingen har startet, og i særlig grad når stige-hastigheten dessuten er lav.

Selv betong med førsteklasses flyteegenskaper begynner å hindres slik at noe separasjon påtvinges når de frie åpningene er mindre enn ca. $5 \times D_{\max}$. Ved åpninger mindre enn ca. $3 \times D_{\max}$, bygger steinene "bru" og utflyting stopper. Betong med redusert flyteevne vil holdes tilbake og danne vesentlig høydeforskjell ved armeringen, slik at overdekningssjiktet kan fylles av slam fra overflaten.

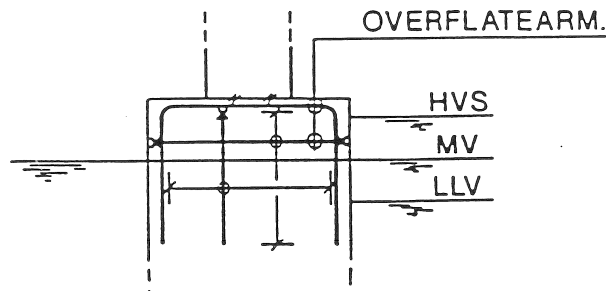
B8.7 EKSEMPLER PÅ TYPISKE TILFELLER DER DET ER BEHOV FOR STATISK VIRKENDE ARMERING

B8.7.1 Massivfundamenter

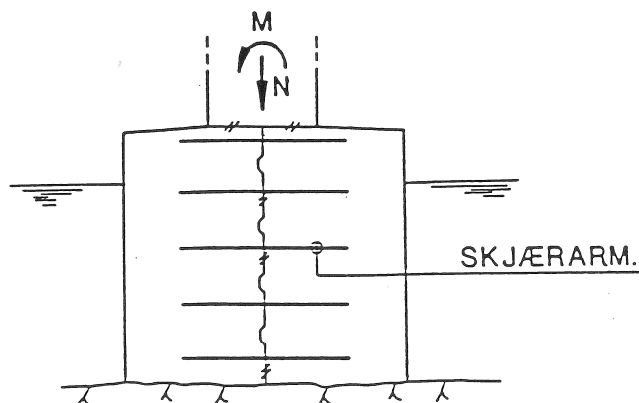
- a. Topp fundament må armeres for hjørnestrekk og spaltestrekk forårsaket av konsentrert innføring av søylekrefter.



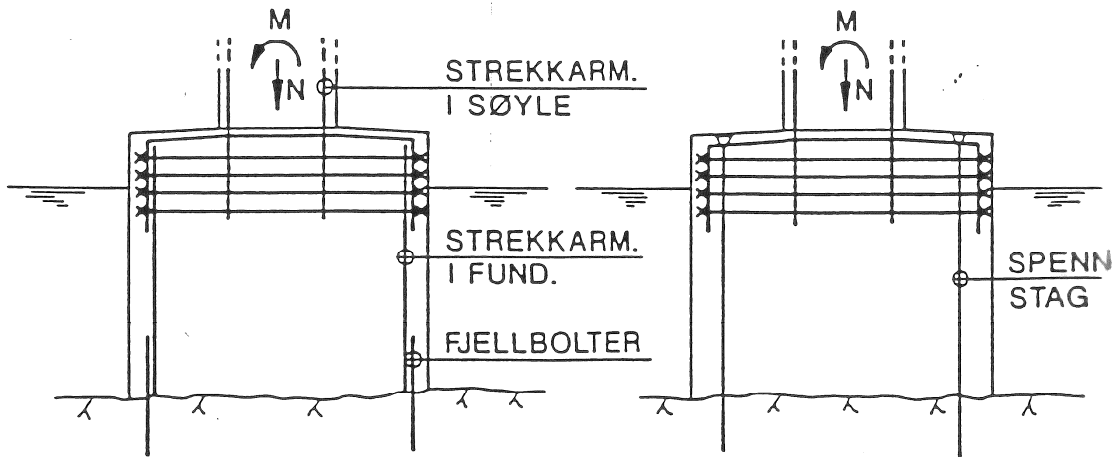
- b. Topp fundament over vann må gis en tilstrekkelig overflatearmering for å motstå krefter fra svinn, temperatur og eventuelt hjørnestrekk. Armeringsnettet må føres under laveste lavvann (LLV).



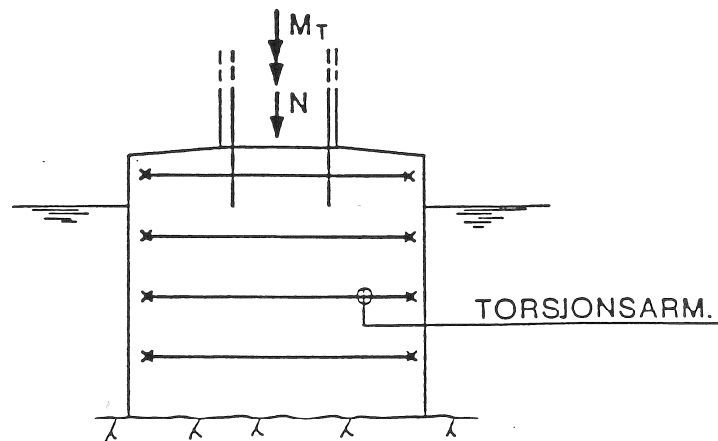
- c. Ved eventuell seksjonering av et massivfundament, må vertikal(e) støpeskjøt(er) fortannes og armeres for minst å overføre seksjonens vekt over til resten av fundamentet. Dette kan gjøres i henhold til NS-EN 1992-1-1.



- d. Ved bruk av midlertidige fjellbolter i byggetida for å ta opp store bøyemomenter, er det nødvendig med vertikalarmering gjennom fundamentet for å overføre strekk-krefter fra fjellboltene til søyle. Spennstag er et alternativ til slakkarmering og fjellbolter, og spennstag vil også kunne utnyttes i ulykkesgrenstilstanden.



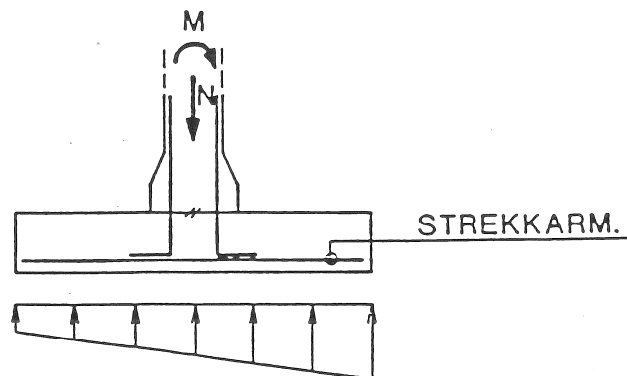
- e. Ved store torsjonsmomenter fra fritt-rambygg-tårn i byggetida, må fundamentet horisontalarmeres for å overføre torsjon og skjær fra tårnet ut til fundamentfoten. Det er normalt mindre behov for vertikalarmering enn horisontalarmering pga. stor vertikallast.



Figur B8.7.1 Eksempler på fundamenter med statisk virkende armering.

B8.7.2 Plater mot grunnen

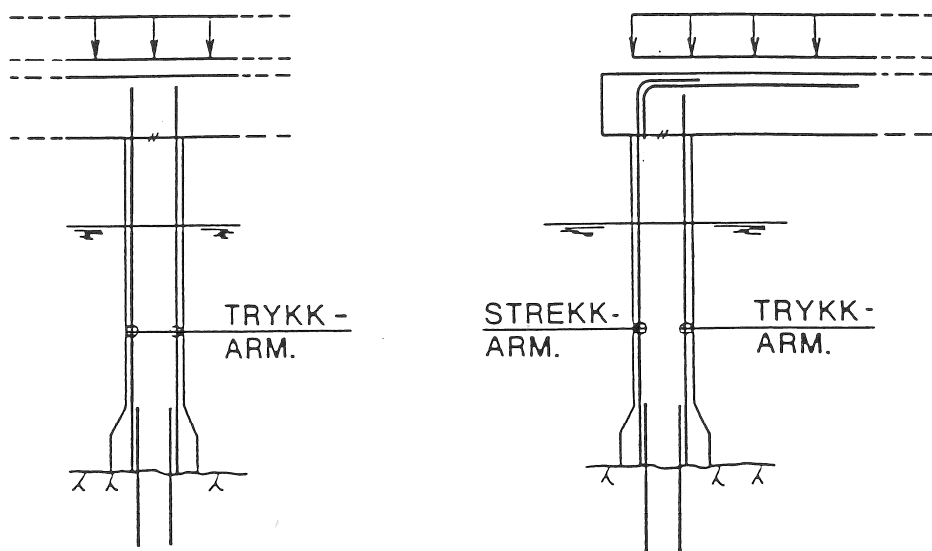
Plater mot grunnen vil normalt ha behov for strekkarmering i underkant.



Figur B8.7.2 Eksempel på plate mot grunnen.

B8.7.3 Slanke undervannspilarer

Slanke undervannspilarer (søyler) kan ha behov for trykkarmering, eller både trykk- og strekkarmering.



Figur B8.7.3 Eksempel på slanke undervannspilarer.

B9 MENGDEBEREGNINGS- OG OPPGJØRSREGLER

Beskrivende mengdeberegning skal fortrinnsvis settes opp med bruk av NS 3420 eller Vegvesenets Prosesskode.

Ved beskrivelse av betongarbeider i vann, bør det i spesiell beskrivelse angis:

- spesielle støpelighetskrav for AUV-betong
- toleranser for sammensatt byggeplassavvik
- eventuelle kontrollinspeksjoner utført av dykker
- omfang og detaljer omkring homogenitetskontroll ved utborede prøver, og eventuelt foringsrør for dette
- omfang og detaljer omkring fasthetskontroll ved utborede prøver, og eventuelt foringsrør for dette.

For å klargjøre en del problemstillinger foreslås følgende:

Forskaling:

Mengden måles som prosjektert berøringsflate mot betongen. Dersom det velges forskaling (spunt e.l.) av en slik art at det medfører merforbruk av betong, skal dette inkluderes i forskalingsprisen.

Armering:

Armering som i sin helhet, eller delvis, blir liggende under HHV i den ferdige undervannsstøpte konstruksjon, skal betraktes som armering under vann; og inngår i egen post "Tillegg for armering under vann". Eventuelt ekstra avstivinger/binding/sveising inkluderes i enhetsprisen.

Betong:

Normalbetong og AUV-betong skal avregnes separat og gis egne poster i mengdebeskrivelsen. Merforbruk av AUV-betong, som følge av forhold angitt i B4.4.2, er entreprenørens ansvar og skal innkalkuleres i enhetsprisene. (Om oppgjør mellom entreprenør og betongleverandør, se også pkt. B4.4.2)

Betong støpt under vann mot naturlig rensket fjell eller sprengt rensket fjell, skal gjøres opp som netto prosjektert volum etter tegninger med korrigerte fjellkoter, om ikke annet er spesifisert.

Dokumentasjon:

Inspeksjon/dokumentasjon av byggegrop og av utstøpte betongflater (kfr. pkt. A3.4), bør beskrives med egne poster i mengdebeskrivelsen. Eventuelle tilleggsinspeksjoner beskrives separat og måles som antall inspeksjoner.

Homogenitetskontroll (kfr. pkt. A3.6)

Prosessen skal beskrives og gis egne poster i beskrivelsen som følger:

- | | | |
|----|--|------|
| a) | Tilrigging pr. hull | stk. |
| b) | Boring og uttak av kjerner,
inkl. gjenstøping | m |
| c) | Foringsrør, lev. og plassering m | |

Fasthetskontroll (kfr. pkt. A3.7)

Prosessen skal beskrives og gis egne poster i beskrivelsen som følger:

- | | | |
|----|--|------|
| a) | Tilrigging pr. hull | stk. |
| b) | Boring og uttak av kjerner,
inkl. gjenstøping | m |
| c) | Tildanning og utprøving
av prøvestykker | stk. |
| d) | Foringsrør, lev. og plassering m | |

DEL C

REPARASJON AV STØPEFEIL I

BETONGKONSTRUKSJONER UNDER VANN

C1 GYLDIGHET OG OMFANG

Del C omhandler kun reparasjon av støpefeil på nye konstruksjonsdeler under vann. Støpefeil kan være i form av redusert/manglende overdekning, utette støpeskjøter, steinreir, manglende utfylling eller slamlommer. I vann med god sikt, kan slamlommer være synlige ved avforskaling ved at de har en annen fargenyanse enn fullgod betong. Forøvrig vil slamlommer tre tydeligere fram ved lys grå til hvit farge i løpet av det første året etter utstøping. Rengjøring for begroing vil ofte være nødvendig for inspeksjon av betongoverflatene ved en 1/2 - 1 års kontroll.

Angitt reparasjonsbehov er relatert til retningslinjer gitt i denne publikasjonen og kan ikke uten videre brukes ukritisk for eldre konstruksjoner.

Reparasjon av eldre konstruksjonsdeler utføres vanligvis på samme måte som for nye konstruksjoner. Denne delen omhandler imidlertid ikke de forhåndsvurderinger som er nødvendig før reparasjon av eldre konstruksjoner, bl.a.:

- tilstandsundersøkelse
- skadebeskrivelse og utredning av skadeårsak
- vurdering av reparasjonsbehov ut fra nåværende belastninger og kapasitet (Opprinnelige dimensjoner kan for eksempel være bestemt ut i fra belastninger / stabilitet i byggetilstanden.)
- vurdering av reparasjonsbehov ut fra byggemåte (Skade kan for eksempel omfatte ikke-bærende betongforskaling.)

C2 RENGJØRING AV SKADESTEDET

Ved enhver reparasjon, vil heften mellom gammel og ny betong være av avgjørende betydning for reparasjonens kvalitet. Oppnåelse av god heft krever at skadestedet rengjøres godt. Et krav som alltid må stilles, er at all porøs og dårlig betong må fjernes. Skadens overkant må hugges skrå utover slik at vann og eventuelt slam kan unnslippe og hele såret blir fylt med god betong.

C2.1 METODER FOR RENGJØRING

C2.1.1 Meisling

Dette er en effektiv, men arbeidskrevende metode. Det finnes på markedet utstyr basert på trykkluft som er spesielt utviklet med henblikk på undervannsarbeider. Hydraulisk utstyr har også blitt vanlig.

C2.1.2 Vannjet/vannmeisling

Vannmeisling har vist seg effektivt, men det kreves bruk av utstyr med stor kapasitet. Trykket varierer fra 100 til 1000 bar og vannmengden fra 10 til 150 l/minutt. 400-500 bar trykk og 100-150 l vann/min har gitt gode resultater. Ved trykk over 600 bar, øker støyen slik at det er uutholdelig for dykkere å arbeide.

Vannmeisling er en meget god rengjøringsmetode, i det den innebærer en 100% prøving av betongoverflaten. Der det finnes svakheter, vil vannstrålen med sikkerhet skjære seg inn.

Dette innebærer dermed risikomomenter som en bør være klar over, spesielt dersom konstruksjonen er høyt statisk påkjent:

- hvis svakheter går dypt inn fra overflaten, vil en også fjerne betongen dypt innover
- hvis det finnes hulrom, korresponderende porer eller riss hvor vannmeislingen kan gi oppbygging av høyt trykk, kan store betongflak sprenge ut.

Vannmeisling bør derfor starte med lavt trykk og overflaten sjekkes for omfattende svakheter før rengjøringen med høyt trykk utføres.

C2.1.3 Sandblåsing

Sandblåsing gir betongen en ru overflate som i mange tilfeller vil være opp i mot optimal med hensyn til heft. Dessuten er sandblåsing effektiv til fjerning av groing og en billig måte å rengjøre på.

C2.2 TID FRA RENGJØRING TIL UTSTØPING

Reparasjonen må foretas så raskt som mulig etter rengjøring. Tilgroing av sårflaten vil kunne redusere heften betydelig bare etter noen få dager. Ved forhold hvor begroing skjer raskt, har det vært registrert hefttap på anslagsvis 8-10% etter 2 dager og 20-30% etter 7 dager.

C3 REPARASJONSBEHOV

Hvorvidt reparasjon er nødvendig, må bestemmes i hvert enkelt tilfelle. Konstruksjoner utformet på riktig måte, har normalt slike utvidelser av tverrsnittet at det gir rom for noe slamdannelse på overflaten, uten at konstruksjonsdelens styrke eller holdbarhet vil være redusert i forhold til forutsetningene. Slamfeller og støpefeil med dimensjoner mindre enn de forutsatte tverrsnittsutvidelser og økning i overdekning, trengs normalt ikke repareres.

C3.1 SKADEDYBDE 0-5 cm

Slike skader må vurderes ut fra hvor påkjent konstruksjonsdelen er, spesielt armeringens funksjon i byggverkets ferdig-tilstand. Dersom den gjenværende armeringsoverdekningen med fullgod betong er over 70 mm, trengs ikke slike skader alltid repareres. Om reparasjon utelates, må en være sikker på at det kun dreier seg om en overflateskade.

C3.2 SKADEDYBDE 5-25 cm

Ved begrensede og enkeltvis opptredende skader, kan disse repareres enkeltvis. Ved omfattende skader, vil det være nødvendig med kapestøp.

C3.3 SKADEDYBDE over 25 cm

Denne skadetype vil kreve en konstruktiv utbedring med armert kappe med nødvendig kraftoverføringskapasitet til god betong i opprinnelig betongkonstruksjon.

C4 REPARASJONSMETODER**C4.1 KAPPESTØP**

Det er viktig at tykkelsen på kappe er så stor at det er praktisk mulig å få et godt resultat av støpen. Bl.a. må det være tilstrekkelig plass for nedsetting og heving av støperør. Nødvendig kappetykkelse ut fra krav til bæreevne, vurderes av statiker. Kappetykkelsen vil også være avhengig av valg av materiale og utførelsesmetode.

C4.2 MINDRE SÅR

Mindre sår og støpefeil repareres ved å sette på forskaling som går minst 10 cm utenfor såret på alle kanter og har en tykkelse på minst 15 cm ut fra konstruksjonen. Dette for å sikre at såret blir fylt med god betong.

C5 BETONG

Materialet som anvendes til reparasjon, bør være AUV-betong eller AUV-mørtel.

Det bør tilstrebes samme kvalitet på reparasjonsbetongen eller mørtelen som i den opprinnelige konstruksjonsbetongen, men støpelighet for å sikre heft og tetthet er minst like viktig.

I tilfelle reparasjon utføres med AUV-mørtel som ikke tilfredsstillende pkt. A2.1.3, bør redusert materialkvalitet kompenseres med økt overdekning for armeringen.

C6 STØPEMETODE

All reparasjon under vann bør så sant det er mulig foregå som pumpe- eller rørstøp.

APPENDIKS 1

DETALJERT UTFØRELSESBESKRIVELSE MED SJEKKLISTE

DETALJERT UTFØRELSESBESKRIVELSE MED SJEKKLISTE

Denne beskrivelsen angir detaljert hvordan undervannsstøp vanligvis utføres.

Konstruksjonsutforming og utførelsesbetingelser vil kunne variere innen vide grenser, derfor vil beskrivelsen kunne være mangelfull i enkelte tilfeller. Tilsvarende vil den inneholde punkter som ikke er aktuelle i alle tilfeller.

Det understrekes at plan for utførelse og kontroll bør utformes i hvert enkelt tilfelle. Denne beskrivelsen bør sees på som et eksempel på sjekkliste, og kun som et grunnlag for utarbeidelse av en prosjektavhengig sjekkliste.

1. FORBEREDELSE OG KONTROLL FØR STØP

1.1 Underlag og tilstøtende flater

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Rens og planhet av byggegrop godkjent.	
2	Slepper og fjellkvalitet kartlagt, godkjent.	
3	Bunn byggegrop profilert, laveste punkter lokalisert.	
4	Underlag av løsmasser, avrettet med pukk på forhånd.	
5	Underlag av løsmasser, stålplater eller betongheller under støperørene.	
6	Evt. senterbolt for pilarer fjernet.	
7	Slam i horisontale støpeskjøter fjernet.	
8	Begroing på kontaktflater fjernet.	
9	Kontroll av utsetting.	

1.2 Forskaling og armering

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Forskaling dimensjonert for aktuell støpehastighet/støpetrykk, strøm og bølger.	
2	Forskaling forankret mot oppdrift og sideforskyvning.	
3	Forskalingsstag strammet jevnt til.	
4	Forskaling tett og godt tettet mot underlag.	
5	Luker ved vannoverflaten for utslipp av fortrengt vann (over HHV).	
6	Armering tilstrekkelig bundet (evt. sveiset) og avstivet.	
7	Armering plassert riktig.	
8	Armering overdekning, underkant og sider. Plassering av armeringsstoler.	
9	Armering og stag, åpninger for støperør helt ned til bunnen.	

1.3 Betongforberedelser

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Tilslagets egnethet vurdert (Gradering, humus, slam, alkali-reaktivitet, kornform, steinstørrelse, jevn kvalitet).	
2	Betongproporsjonering og egnethetsprøving (Prøveblanding og evt. prøvestøp med kontrollresultater. Varighet avstøpelighet, evt. retardering) Betongresept(er) godkjent	
3	Blandingsforhold for smøremasse.	
4	Betongblandeverk ettersett, evt. reserveverk. Blandeverk godkjent.	
5	Alle delmaterialer tilstede i tilstrekkelige mengder, etterfylling underveis avtalt.	
6	Betongtransport med overkapasitet i forhold til støpekapasiteten.	

1.4 Generell planlegging

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Koordineringsmøte mellom prosjekterende, utførende og byggeleder avholdt	
2	Egen støpeplan (kfr. pkt. A3.2.2 og B6.5.1) utarbeidet og godkjent.	
3	Varsling og merking for skipstrafikk i området, evt. redusert fart.	
4	Start-tidspunkt for støp bestemt ihht tidevannsvariasjoner. Kriterier (værforbehold osv.) for å forskyve oppstart av støp.	
5	Avvikling av spisepauser og evt. skiftbytte bestemt.	
6	Mengder av smøremasse, AUV-betong og Normal-betong bestemt.	
7	Tekniske detaljer • støperørsplassering, flyttplan for pumpe, utflytingslengde for betong • neddykkingsdybde for støperør • stigeastighet • skjema og rutine for utflytningskontroll • intern transportkapasitet på støpestedet • dykkerkontroller • mottakskontroll for betong • plan for prøvetaking betong • reserveutstyr	
8	Informasjonsmøte for alle deltagere ved støpen, planleggere, arbeidsledere, kontrollør, arbeidere, betongblandeverk, transportører.	

2 KONVENSJONELL RØRSTØP

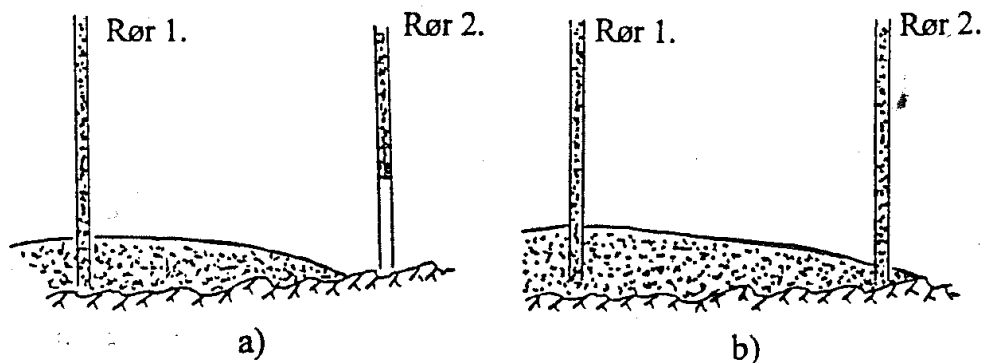
2.1 Før oppstart av støp

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Rørene inspiseres og monteres sammen i tilstrekkelig(e) lengde(r). Ved større støperørslengder anbefales det å montere rørene hengende, for å "unngå seinere bøyningspåkjenning.	
2	Rørstrengen(e) merkes for hver meter, avstand fra rørmunning males på røret.	
3	Rørstrengen(e) tetthetsprøves med trykkluft (evt).	
4	Det kontrolleres at ventilen kan passere gjennom røret.	
5	Vien monteres på, støperøret heises forsiktig (minst mulig bøying) og plasseres på forutsatt sted i formen.	
6	Heiseanordningen kobles til røret, heving/senking av røret funksjonsprøves. Om nødvendig må støperøret sikres mot oppadrettede krefter i det slippet tas.	

2.2 Oppstart av støp ("Ta slippet")

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Det kontrolleres at røret hviler mot bunnen.	
2	Ventilen plasseres i røret og styres ned til kontakt med vannflaten inne i røret (all luft er luftet ut).	
3	Betong fylles i vien, ventilen fires ned (plate med stang). Ved veggstøp og bruk av AUV betong kan støpeball brukes. Ved slanke pillarer (< 1m2) skal aldri støpeball brukes. Ifyllingen av betong må utføres kontinuerlig slik at luftpropp unngås. Betong etterfylles inntil vien er full av betong.	
4	Ved mating av vien fra tobb fylles tobben helt full og holdes over vien. Ved mating fra pumpe holdes pumpe slangene oppi vien.	
5	Støperøret heves forsiktig inntil betongen i vien (og røret) begynner å synke. Idet betongen begynner å synke, må to ting utføres meget raskt: a) støperøret senkes ned for å få kontroll med betongutstrømmingen. Ved store oppadrettede krefter (i forhold til rørets og viens vekt), må støperøret kunne presses ned. b) betong etterfylles i vien. Dersom en ikke får røret raskt nok ned og holder det nede eller har nok betong å etterfylle med, kan en få vanninnbrudd i røret. Ved bruk av Normalbetong må en regne med at betongen er blitt uvasket og "slippet" er mislykket.	

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
6	Betong etterfylles kontinuerlig inntil betongstrømmen ut av røret stanser. Røret heves så forsiktig igjen noen få cm for å få betongstrømmen i gang igjen. Dette fortsetter inntil støperøret har oppnådd tilstrekkelig neddykking i fersk betong. I denne oppstartfasen er det viktig at betongstrømmen går sakte. Wiren til ventilen klippes av oppi vien etter at slippen er tatt.	
7	Hvor utstøping skal foregå gjennom flere støperør (stort areal), skal oppfylling av betong (pkt. 1-3) skje i naborøret før betongen har nådd fram dit. Slippen skal tas (pkt. 4-6) i naborøret når betongfronten har glidd rundt naborørets munning. Se Figur Apx1. Oppfylling må ikke utføres lang tid i forveien før slippen kan tas.	



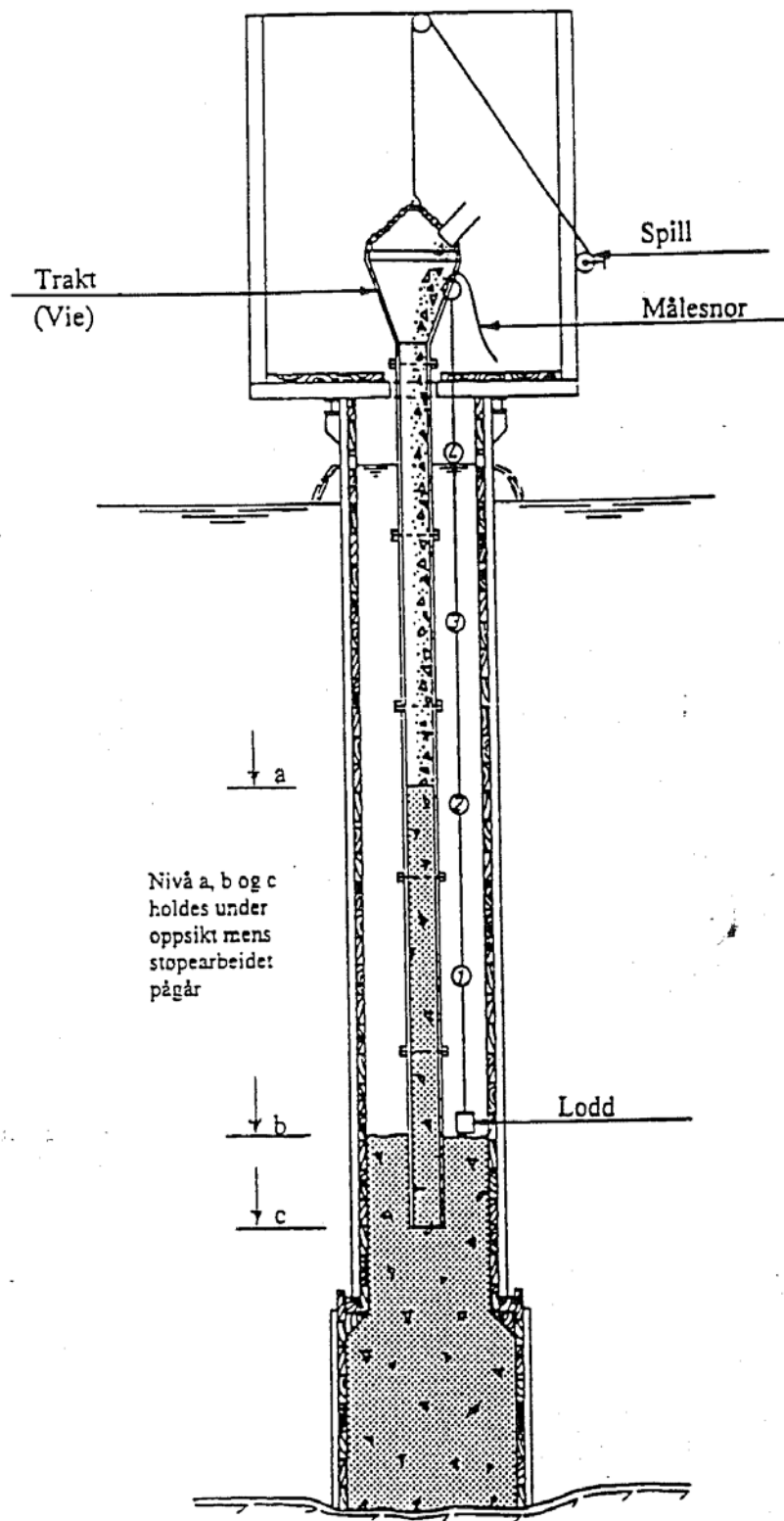
Figur Apx1

- a) Rør nr.2 fylles med betong før betongfronten fra rør nr.1 har nådd fram til rør nr.2. Ventilen i rør nr.2 fires helt ned.
- b) Slippen tas i rør nr.2 når betongfronten fra rør nr.1 har kommet forbi munningen av rør nr.2.

2.3 Videre oppfylling/utstøping

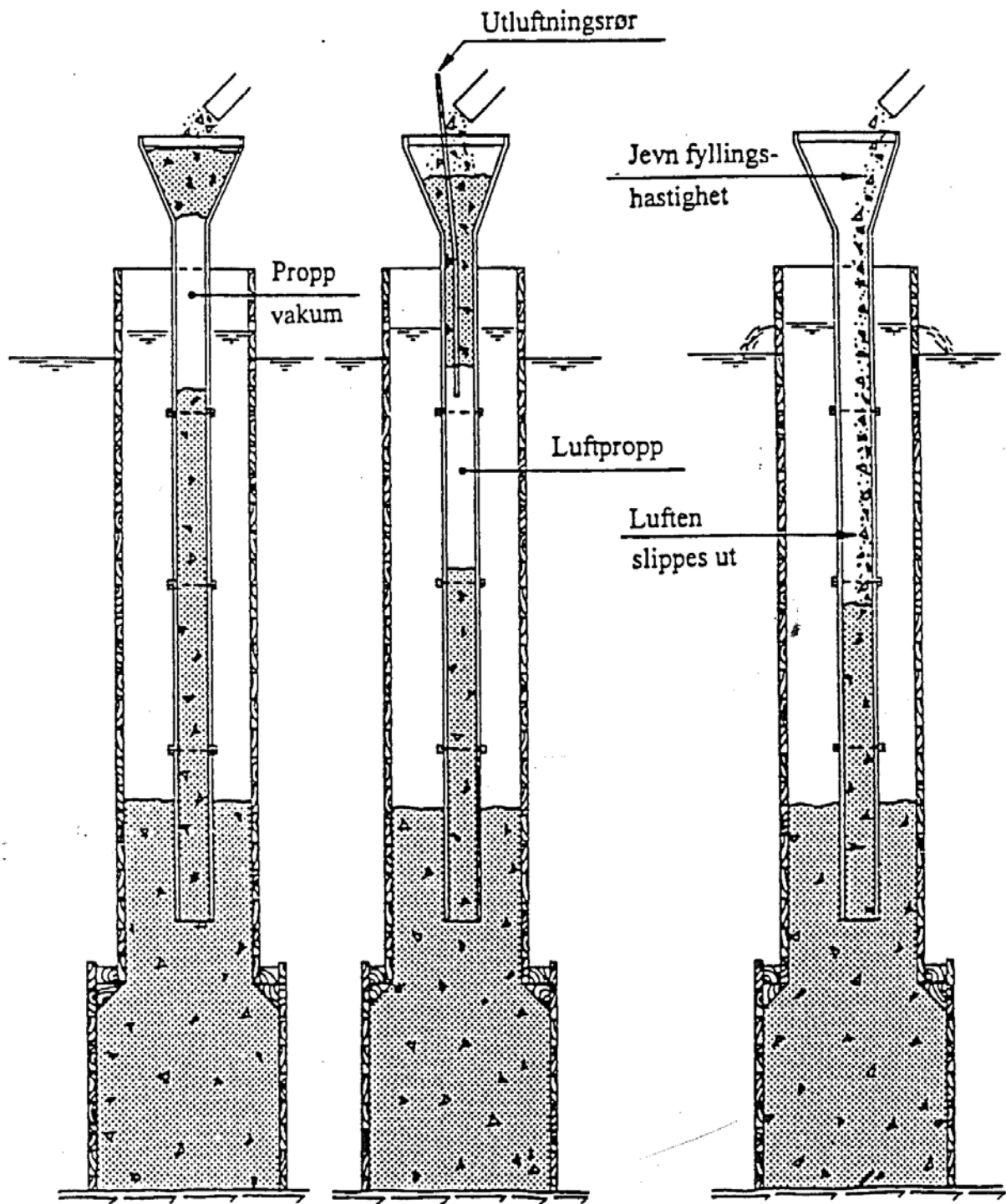
Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Samtidig støping i flere rør skal foregå slik at betongoverflaten utenfor rørene holdes mest mulig horisontalt. Dette kontrolleres ved lodding. Avhengig av rørenes plassering kan det være nødvendig å føre ulike mengder betong gjennom rørene.	
2	Når en avbryter støpingen gjennom et rør for å fortsette i naborøret, bør det vurderes om det røret en forlater skal senkes ned ca. 0,5 m som en ekstra sikring mot vanninnbrudd.	
3	Ved støping gjennom flere rør bør en "gå runden" om igjen og om igjen etter en bestemt plan.	

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
4	Ventetiden mellom hver oppfylling gjennom et rør bør fortrinnsvis ikke overstige 20 minutter, og skal ikke overstige 30 minutter.	
5	Sideveis trekking av støperør skal fortrinnsvis unngås, og må i tilfelle gjøres meget sakte, med god neddykking, og med den aller største forsiktighet for å unngå utvasking.	
6	Under støpingen bør røret holdes minimum 70 cm, fortrinnsvis minst 1 m, neddykket i fersk betong. Dette kontrolleres ved lodding utenfor røret, og sammenligning med oppmerkingen på rørene. Støperøret må aldri heves uten forutgående kontroll av neddykkingen. Røret heves etter hvert som betongen stiger i formen. Høydeforskjellen mellom betongoverflatene i og utenfor støperøret vil vanligvis være 1/4 av vandedybden i forskalingen, se Figur Apx2	
7	Betongen fylles på den ene siden i vien slik at den glir ned i støperøret, og ikke direkte i støperøret. Sjøkkmatning må unngås, da det kan forårsake luftpropp. (Luftlomme i støperøret innestengt mellom betong under og over).	
8	Stigehastigheten i formen bør overvåkes både ved: a) kontinuerlig oversikt over tilført betongvolum, og b) lodding ved støperørene og langs forskalingen, i samsvar med en plan oppsatt på forhånd.	
9	Senkes støperøret for dypt, eller det står rolig for lang tid med stor neddykkingsdybde, kan det bli propp i røret. Ved staking med lekte eller et armeringsjern kan en få betongen til å gå igjen uten at røret må løftes for høyt. Ved løfting av røret for å få betongen til å gå er det stor risiko for vanninnbrudd i røret.	
10	NÅR BETONG PÅFYLLES FRA VIEN, SKAL DET HØRES EN KARAKTERISTISK DUMP TROMMELLYD I RØRET.	
11	Hvis det oppstår vannlekkasje, eller vanninnbrudd i et rør, skal støpingen i røret stanses. Det bør vurderes om støpen kan fortsette uten bruk av støperøret, dvs. gjennom de rørene som er intakte. Hvis ikke, skal støpen avbrytes, eller det kan i <u>nødsfall</u> tas ny slipp i støperøret. Evt. lekkasje må utbedres før ny slipp tas. Ny slipp tas ved at: a) støperøret settes ned mot betongoverflaten (Kfr. lodding, aller helst anvisning fra dykker). b) røret fylles opp med betong ved kontrollert nedfiring av ventil i wire (lengde av wire må måles ut på forhånd). Oppfylling/nedfiring stanser når ventilen står nær enden av støperøret. c) røret fires min. 70 cm ned i den bløte betongen. d) vien fylles opp og wiren for ventilen klippes, slippet går. e) nøyaktig tidspunkt og betongnivå ved "ny slipp" skal noteres og framgå tydelig av støperapporten (Kfr. pkt. A3.5). Ved avbrudd av støpen må det vurderes om det kan anordnes kontrollert støpeskjøt, eller om formen må spyles ren for betong.	



Figur Apx2

Kontroll av neddykkingsdybde (b-c) utføres mens arbeidet pågår, og før heving av støperøret.



Figur Apx3
Luftpropp i rør

2.4 Avslutning av støp

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Avslutning av støp med ok betong under vann utføres ved å fylle vann i støperøret og trekke det opp. (Kfr. pkt. B6.5.8).	
2	Når ok betong kommer over vannflaten, foretas avslamming av overflaten. Støpen fullføres som undervannsstøp og komprimeres ved vibrering i toppen. Avretting foretas.	
3	Horisontal støpeskjøt under vann rengjøres for eventuelt slam.	

3. PUMPESTØP

Utførelsen følger følgende mønster:

3.1 Før oppstart av støp

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Støperøret, og eventuelt slange, inspiseres og monteres sammen i tilstrekkelig lengde. Ved bruk av ventil monteres ventilen til nedre ende av støperøret.	
2	Rørstrengen merkes for hver meter, avstand fra rørmunning males på røret.	

3.2 Oppstart av støp, pumpestøp med ventil

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Støperøret koples sammen med pumpa, ventilen funksjonsprøves.	
2	Pumpa, inkludert hele rørstrengen, smøres opp med mørtel eller mørtelrik betong. Dette er spesielt viktig ved bruk av AUV-betong. Pumping fortsetter med åpen ventil inntil betong av riktig konsistens kommer ut av ventilen. (Den aller første betongen som kommer ut vil som regel være stiv og steinrik).	
3	Når betongen ut av ventilen er ok, stoppes pumpingen og ventilen stenges.	
4	Støperøret heises inn og senkes ned på forutbestemt sted i formen. Om nødvendig kan dykker hjelpe til med plasseringen av røret. Røret senkes ned inntil piggen på ventilen når bunnen.	
5	Ventilen åpnes og pumping starter. Støperøret må være sikret mot oppadrettet bevegelse. Pumping fortsetter med jevn hastighet inntil røret er tilstrekkelig neddykket i fersk betong.	
6	Ved avbrudd i pumpingen før støperøret har oppnådd en neddykking på min. 1.0 m skal ventilen stenges midlertidig.	

3.3 Oppstart av støp, pumpestøp med skumplastball

NB! Skumplastball kan kun brukes sammen med AUV betong.

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Pumpa inkl. rørledningen fram til selve støperøret smøres opp med mørtel eller betong. Pumping fortsetter inntil betong av riktig konsistens kommer ut.	
2	Skumplastballen puttes ned i støperøret, og støperøret koples til pumpe. Ved støperørlengde over ca. 10 m bør skumplastballen dyttes ned i støperøret og det bør fylles noen liter AUV-mørtel i støperøret før pumpe kobles til. Dette for smøring av støperøret.	
3	Støperøret heises inn og senkes ned på forutbestemt sted i formen. Røret senkes ned inntil piggen på røret når bunnen.	
4	Ventilen åpnes, pumping starter og fortsetter med jevn hastighet inntil røret er tilstrekkelig neddykket i fersk betong. Støperøret må være sikret mot oppadrettet bevegelse. Pumping tilstrebes holdt kontinuerlig igang under skifte av betongbil inntil neddykkingsdybden er ca 1.0 m.	

3.4 Videre oppfylling/utstøping

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Betongpumpingen bør gå jevnt og kontinuerlig. Om pumping avbrytes, f.eks. ved skifte av betongbil, skal ventilen stenges for å unngå siging av betong og dannelse av luftlomme i støperøret.	
2	Det må påsees at pumpekaret aldri tømmes slik at pumpe suger luft inn i pumperøret.	
3	Utstøping skal foregå slik at betongoverflaten utenfor støperøret holdes mest mulig horisontal. Dette kontrolleres ved lodding. Dette oppnås ved stor neddykkingsdybde av pumperøret og ved høy stighastighet.	
4	Neddykkingsdybden av pumperøret bør være minst 1.5-2.0 m, så stor at pumperøret er kontinuerlig fylt med betong. Pumperøret heises etter hvert som betongoverflaten stiger.	
5	Utflytningen kontrolleres ved lodding etter en forhånds bestemt plan, samt eventuelt av dykker. Pumperøret skal ikke heises uten forutgående kontroll av neddykkingsdybden.	
6	Pumperøret kan trekkes sideveis i neddykket stilling, forutsatt sakte og kontrollerte bevegelser.	

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
7	Ved bruk av munningsventil kan røret heises opp, flyttes og settes ned igjen i bløt betong for fortsettelse av støpen. Flytting utføres ved: a) pumping stanses og ventilen stenges b) støperøret heises sakte rett opp til det er fri av betongen og stag eller andre hindringer. c) pumpebommen med støperør dreies/flyttes til den nye posisjonen. d) støperøret, senkes sakte ned igjen inntil ventilen når bunnen eller ventilmunningen er min. 1.0 m neddykket i bløt betong. e) ventilen åpnes og pumping starter opp igjen.	
8	Slag og bevegelser av pumperøret dempes ved tjoring av støperøret, eller ved bruk av gummislange i overgang fra pumpe til støperør (Se pkt.B5.2.2).	

3.5 Avslutning av støp under vann

Nummer	Arbeidsoperasjon	Sjekk
1	Pumpestøp med ventil avsluttes under vann ved at ventilen stenges og røret heises sakte rett opp.	
2	Pumpestøp med skumplastball avsluttes under vann ved at støperøret koples fra pumpen, røret etterfylles med vann etter hvert som det trekkes opp og betongen glir ut (samme måte som ved konvensjonell dykket rørstøp, kfr. pkt. B6.5.8).	

STIKKORDLISTE

Alkalireaktivitet A2.1.3, B4.2.3
Arbeidsplattform B5.1.1
Armering A4.2, B3.4, B7.2, B8.6, B8.7, B9
Armeringsstoler B7.2
AUV-betong A1.3, A2.1.6, A4.1, B2.2, B2.3, B4.1.5, B4.2.6, B4.3.3, B4.4.2, B6.5.4, B6.5.7
Avbryting B6.5.4, B6.5.10
Avslamming B6.5.8
Avslutning B6.5.8, B6.5.9

Begroing A2.4.3, C1, C2.2
Bestandighetsklasse A2.1.2
Betong A2.1, B4, B9
Betongforskaling A2.4.1, A4.4.5, A4.9, B8.4.3
Betongproduksjon A1.5.4, B4.2.6, B4.4, B6.5.1
Betongprøving A3.3.1
Betongtransport B4.4.1
Blandevann A2.1.3, B4.1.3
Byggegropp A3.4.2, A4.5.2, B5.2.4, B6.3, B6.5.1, B9
Bøttestøp B2.3, B4.1.5, B4.3.3, B5.3

Dagbok A1.5.2, A3.5.1
Dykker A1.5.7, A3.4.5, A3.5.2, B3, B6.5.1, B9

Epoxybelagt armering B8.1.2

Fasthetsklasse A2.1.1, A3.3.4, A4.1, B4.2.2
Fjellbolter B8.5, B8.7.1
Fjellstag B8.5
Forskaling A2.4.1, A4.9.2, B6.5.4, B6.5.7, B7.1, B8.4, B9
Forskalingsstag A2.4.2, B7.1.3, B7.2
Forskalingstrykk B3.7, B7.1.1
Fortanning B8.3.2
Frostbestandighet A2.1.5

Heiseutstyr B5.1.4
Hydrovalve-metoden B2.

Inspeksjon A3.4, A3.4.4, B7.1.4, B9
Ishud A2.4.1, B7.1.4

"Kinahatt" B5.1.5
Kjerneboring A3.6.1, A3.7.3, B9
Kjerneprøver A3.6.1, A3.6.3, A3.7.1, A3.7.4, B4.3.1
Kompetansekrav A1.4
Komprimering B3, B3.1
Konsistens A3.3.2, B3.1, B3.2, B3.6, B4.1.2, B4.2.4
Konsistenstap B3.6, B4.1.5, B4.2.6, B6.5.4

Kontrollklasse A3, B4
Kontrollplan B4

"Lodding" A3.5.2, B5.1.1, B6.4, B6.5.6
Luftinnhold A2.1.4, A3.3.2, B4.1.5
Luftpropp B2.2, B6.2

Maksimal steinstørrelse B4.1.4
Masseforhold A2.1.2, A3.3.3, B4.2.1
Miljøklasse A2.1.2
Monteringsstenger A4.4.3
Munningsventil B2.2, B5.1.5, B5.2.3

Neddykkingsdybde A2.3.2, B3.1, B3.2, B3.3, B3.4, B6.2, B6.5.5
Normalbetong A1.3, A4.1, B2.3, B4.1.5, B4.3.3, B5.1.5, B6.2

Oppstart B6.5.2
Overdekning A2.5.2, A4.4, B8.6.1
Overflatehelning B3.2, B4.3.1, B4.3.3, B6.4
Overløp B7.1.2

Partikkelsprang B4.1.5
"Plate med stang" B5.1.5
Prepakt-metoden B2
Profilering A3.4.1, A3.4.2
Prøveblanding B4.2.6, B4.3
Prøvestøp A2.1.2, B4.2.6
Pumperør B5.2.1, B5.2.2
Pumpestøp A2.3.2, B2.2, B4.3, B4.3.3, B5.1.5, B5.2, B6.2
Pumpetrykk B3.3, B4.3.1, B5.2.1

"Ras" B3.3, B6.6
Reduksjonsfaktor A4.1.1
Rengjøring B4.4.3, B5.1.2, B6.5.11
Reserveutstyr B6.5.1
Retardering A2.1.6, B4.1.5
Rørplassering B6.4
Rørstøp A2.3.2, B2.1, B4.3.3, B5.1, B5.1.5, B6.2
"Rulling" B3.2, B3.4

Sekkestøp B2
Seksjonering B6.5.4, B8.3.1, B8.3.2, B8.7.1
Sement A2.1.3, B4.1.1
Senkekasser A4.4.6, B6.7, B8.3.3
Senterbolt B7.1
Separasjon A2.1.6, B3, B3.6, B4.1.2, B4.1.5, B4.3, B4.3.2, B6.4
Silikastøv A2.1.2, A2.1.3, B4.1.2
Skumplastball B2.2, B5.1.5, B6.7
Slamlommer A2.2.2, A2.4.1, A3.4.3, B1, B3.2, B6.2, B6.5.8, C1
"Slippen" B2.1, B5.1.3, B6.2

Smøremasse B4.2.7, B6.5.3
Sokkel B8.2.3
Spennstag B8.5.2, B8.7.1
Spunt A4.1.3, B7.1.6, B8.4.1, B8.4.2
Staghull A2.4.2
Stigehastighet A2.3.3, B3.1, B3.2, B3.6, B4.1.5, B6.2, B6.5.4, B6.5.10
Støpeplan A3.2, B6.5.1
Støperapport A3.5
Støperør A2.3.2, B2.1, B2.2, B3.2, B3.4, B5.1, B5.1.2, B5.2.2, B6.2
Støpeskjøter A2.4.3, A4.1.2, B6.5.10, B8.3, B8.3.2
Støpetrykk B3.7, B7.1.1
Sveising A4.8.1, B7.2

Temperatur A2.4.4, A3.3.2, B7.1.4
Temperaturgradienter A2.4.4
Tidevann B5.2.1, B6.5.1, B6.5.6, B6.7, B7.1.4, B8.1.2
Tilsetningsstoff A2.1.2, B4.1.5
Tilslag A2.1.3, B4.1.4, B4.2.5
Tobbstøp B2.3, B4.3.3, B5.3
Toleranser A2.5, A4.1.3, A4.6.2, A4.10, B8.2.4, B9
Trakt B5.1, B5.1.2, B5.1.3
Tremie-metoden B2.1
Tverrsnitt A1.2, A4.1.2, A4.9.2, B8.2.1, B8.2.2
Tverrsnittsendringer B8.2.3

Utflaskingsstøp B6.7
Utflyting A2.1.6, B3.1, B3.2, B3.3, B3.6, B4.1.5, B4.3.2
Utflytingslengde B4.3.3, B6.4, B8.2.3
Utførelse A2.3
Utvaskingsmotstand A2.1.6, B3.2, B4.3, B4.3.1

Vanndybde B3.3, B5.1.5, B5.2.3, B6.2
Vanninnbrudd B3.3, B6.5.10, B6.6
Ventil A2.3.2, B2.1, B2.2, B5.1.5
Vibrering B3.3, B6.5.8, B6.6
"Vie" B5.1, B5.1.2, B5.1.3

NB norsk
betongforening er en forening tilknyttet  **Tekna**
Postboks 2312 Solli, 0201 Oslo • Telefon: 22 94 75 00