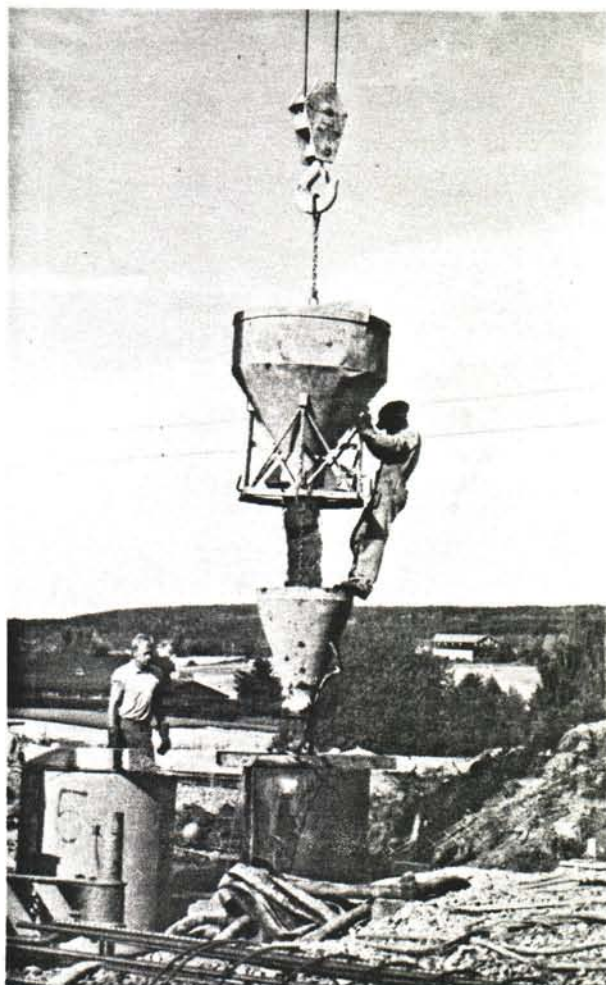


## Intern rapport nr. 1560

### Utstøping av stålrørspeler



Veglaboratoriet



STATENS VEGVESEN  
VEGDIREKTORATET

September 1992

# Intern rapport nr. 1560

## Utstøping av stålrørspeler

### Sammendrag

Stålrørspeler bør som hovedregel utstøpes ved tørrstøp. Tillatt vannmengde i pelen ved tørrstøp skal ikke overstige et volum tilsvarende 1 cm x bunnarealet.

Skrå peler og "vertikale" peler med avvik fra loddlinja slik at senter av bunnen ligger mindre enn 20 cm innenfor projeksjonen av topparealet til pelen, støpes ut ved bruk av føringsrør.

Føringsrøret holdes slik at betongen får et fritt fall på 2 - 5 m. Uarmerte deler av stålrørspeler og armerte peler med minimale avvik fra loddlinja kan støpes ut ved fritt fall av betongen.

For betong til tørrstøp bør tilstrebes meget god sammenhengsevne (seig konsistens). Betongen proporsjoneres ut fra retningslinjer gitt i kapittel 4.3.

Åpne peler og peler med lekkasje støpes ut med undervannstøp. Dersom pelen er uarmert i nedre del, bør det undervannstøpes en "propp" i bunnen, slik at resten av pelen kan tørrstøpes.

Ved undervannstøp benyttes fortrinnsvis pumpestøp, hvorved det startes opp min. 2 - 3 m AUV-betong (betong med antiutvaskingsstoff). I frostsone (øvre del av pelen) benyttes vanlig undervannsbetong (UV-betong) med luftinnhold  $5 \pm 1,5$  %. I mellomliggende del, fra 3 m over bunn pel og opp til frostsone, kan det benyttes AUV-betong, vanlig UV-betong med luft eller vanlig UV-betong ( $m \leq 0,40$ ) uten ekstra luft og uten AUV-stoff. Proporsjoneringsregler for AUV-betongen og normal undervannstøp er beskrevet i kapittel 5.1 og 5.3.

Emneord: *Fundamentering, pel, betong, tørrstøp, undervannstøp*

Seksjon: 45 - Betong, 47 - Geoteknisk  
Saksbehandler: Reidar Kompen, Gunvor Baardvik  
Dato: September 1992

/BN

---

Statens vegvesen, Vegdirektoratet

Veglaboratoriet  
Postboks 6390 Etterstad, 0604 OSLO  
Telefon (02) 63 99 00, Telefax (02) 46 74 21

## **INNHOLD:**

<b>1.0</b>	<b>INNLEDNING.....</b>	<b>1</b>
<b>2.0</b>	<b>UTSTØPING VED TØRRSTØP KONTRA UNDERVANNSTØP.....</b>	<b>1</b>
<b>2.1</b>	<b>KRITERIER FOR VALG AV UNDERVANNSTØP.....</b>	<b>2</b>
<b>2.2</b>	<b>NOEN FORHÅNDSREGLER VED ANBUDESBESKRIVELSE.....</b>	<b>3</b>
<b>3.0</b>	<b>HVORDAN KAN PELENE TØMMES FULLSTENDIG FOR VANN?.....</b>	<b>3</b>
<b>3.1</b>	<b>FJERNING AV SLAM.....</b>	<b>4</b>
<b>4.0</b>	<b>TØRRSTØP.....</b>	<b>5</b>
<b>4.1</b>	<b>PARAMETRE FOR VURDERING AV STØPEMETODE.....</b>	<b>5</b>
<b>4.2</b>	<b>STØPEMETODER VED TØRRSTØP.....</b>	<b>7</b>
<b>4.3</b>	<b>BETONG FOR TØRRSTØP.....</b>	<b>8</b>
<b>5.0</b>	<b>UNDERVANNSTØP.....</b>	<b>9</b>
<b>5.1</b>	<b>BETONG FOR UNDERVANNSTØP.....</b>	<b>10</b>
<b>5.2</b>	<b>KONVENSJONELL DYKKET RØRSTØP.....</b>	<b>10</b>
<b>5.3</b>	<b>PUMPESTØP.....</b>	<b>10</b>
<b>6.0</b>	<b>KONKLUSJONER.....</b>	<b>13</b>
<b>7.0</b>	<b>REFERANSER.....</b>	<b>14</b>

## 1.0 INNLEDNING

Støpeteknisk er stålrørpeler meget spesielle i forhold til andre betongkonstruksjoner, p.g.a. meget stor lengde og lite tverrsnitt. Muligheten for kontroll under og etter utstøping er i tillegg begrenset.

Flere støpemetoder blir benyttet, uten at kriteriene for valg har vært fastlagte. Denne rapporten tar sikte på å beskrive de faktorer som vil avgjøre valg av støpemetode i de fleste tilfeller.

Støpemetode og betongegenskaper henger alltid nært sammen. En støpemetode kan kreve visse betongegenskaper, omvendt kan bruk av en bestemt betongtype kreve at visse støpemetoder benyttes. Dette er i høyeste grad tilfelle ved så spesielle støpeoppgaver som stålrørpeler. Rapporten omhandler derfor støpemetode og betongtype som en helhet.

## 2.0 UTSTØPING VED TØRRSTØP KONTRA UNDERVANNSTØP

Vann i stålrøret må regnes som en komplikasjon ved utstøping. Av hensyn til pelens oppdrift er det imidlertid nødvendig at pelen vannfylles under ramming. I enkelte tilfeller må peler stå vannfylte til utstøping skal utføres. Peler som rammes i vann eller kappes nær vannoverflaten er vanskelige å holde frie for vann. Regn og overflatevann finner også lett veien ned i ferdig rammede peler.

Vann i pelen ved utstøping innebærer:

- a) En risiko mht. betongens kvalitet (risiko for utvasking og lavere fasthet enn prosjektert)
- b) Kostnadsøkning pga. tiltak for å unngå støpefeil
- c) Redusert mulighet for kontroll av pelens retthet og helning over hele lengden. Visuell kontroll av lenset pel er den enkleste og sikreste metode å sjekke resultatet av pelearbeidene på.
- d) Fare for at slam i bunn av pelen og på veggene ikke oppdages og fjernes
- e) Salt fra sjøvann, andre uheldige stoffer fra forurenset vann

Som hovedregel bør derfor lukkede stålrørpeler støpes ut ved tørrstøp.

## 2.1 KRITERIER FOR VALG AV UNDERVANNSTØP

Det kan være nødvendig å støpe ut med vann i pelen (undervannstøp) i følgende tilfeller:

- a) Åpne peler
- b) Lukkede peler med lekkasje i spiss eller rør som ikke kan tettes
- c) Lukkede peler hvor vannet i pelen reduserer oppdrift
- d) Lukkede peler hvor vannet i pelen motvirker sammenklapping av godset

### a) ÅPNE PELER

Åpne peler kan ikke lenses uten at faren for grunnbrudd og masseinntrengning er vurdert. I de fleste tilfeller vil det være behov for vann eller støttevæske i pelen for å motvirke bunnoppressing.

I peler som ikke er armert helt ned til pelespissen, kan det undervannstøpes en "propp" under u.k. armering. Dette gjelder både åpne og lukkede peler. Når proppen har herdet, kan pelen lenses og resten støpes ut tørt.

En aktuell måte å støpe ut "proppen" på er å fire ned en beholder med AUV-betong (betong med antiutvaskingstilsetningsstoff). Beholderen må kunne åpnes når den er firt helt ned til bunnen.

En skjøt mellom undervannstøp og tørrstøp i armert sone er uønsket.

### b) PELER MED LEKKASJE

Lekkasje i lukkede stålrørpeler kan inntreffe. Som regel er lekkasjen lokalisert til fordybling i pelespissen, men den kan også være lokalisert til en sveiseskjøt. Det understrekes at lekkasje i pel er svært uheldig og at pelen kan karakteriseres som vrakpel. Dersom byggherren likevel finner at pelen kan benyttes, må lekkasjen tettes. Alternativt må pelen støpes ut ved undervannstøp. Dersom en pel med lekkasje lenses og støpes ut tørt, vil betongen bli utvasket mer og mer inntil betongtrykket balanserer vanntrykket.

Lekkasje gjennom pelespiss etter fordybling bør tettes med gysemasse. Lekkasje i sveiseskjøter kan forhindres ved forskriftsmessig utført sveisearbeid. Ved god sveisekontroll er dette problemet meget lite.

### c) OPPDRIFT

Peler som er vannfylte for å redusere oppdriften bør ballasteres på annen måte før de lenses og støpes ut tørt. Peler som mister fjellfestet pga. oppdrift må meisles inn på nytt.

### d) MOTTRYKK MOT SAMMENKLAPPING

Trykket mot stålrøret fra vann i pelen kan bidra til å redusere faren for sammenklapping av stålrøret når godstykkelsen er liten. Det mottrykket vann kan gi er likevel beskjedent i forhold til den kapasitet stålet selv vil ha ut fra den godstykkelse som er nødvendig for å tåle rammingen.

## 2.2 NOEN FORHOLDSREGLER VED ANBUDESBESKRIVELSER

Siden behovet for undervannstøp kan oppstå, vil det være klokt å være forberedt på dette i anbudsdokumentene, i tillegg til tørrstøp. Undervannstøp forutsetter 70 mm overdekning, og det må prosjekteres for denne overdekningen om det skal skiftes over fra tørrstøp til undervannstøp i løpet av utførelsen.

Peler som er vannfylte for å redusere oppdriften bør ballasteres på annen måte før de lenses og støpes ut tørt. Denne operasjonen bør beskrives i anbudsteksten slik at kostnadene blir tatt med.

Kontrollprosedyre for at pelene er rammet forskriftsmessig og for at alt slam i bunn og på vegger er fjernet må også vies spesiell omtanke i anbudsbeskrivelsen ved undervannstøp.

## 3.0 HVORDAN KAN PELENE TØMMES FULLSTENDIG FOR VANN?

I praksis vil det være umulig å pumpe pelen absolutt tom for vann. Flere metoder kan benyttes for å redusere den frie vannmengden til et minimum:

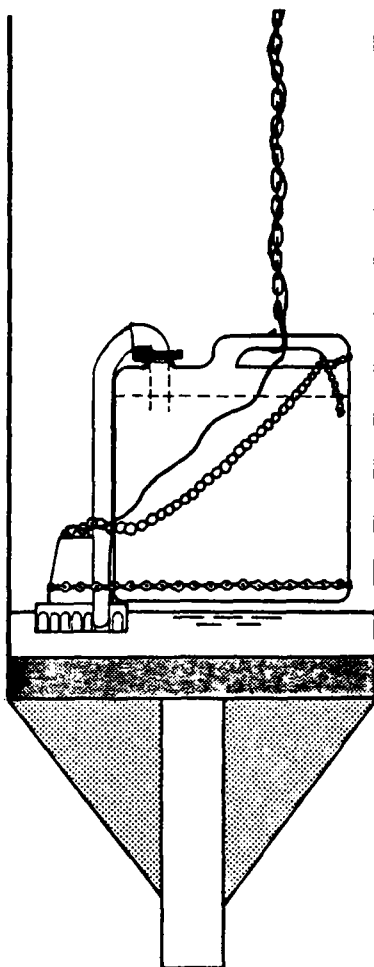
- a) Etter "grovlensing" med høykapasitets pumpe med stor løftehøyde kan resterende vann pumpes med liten pumpe opp i en beholder (f.eks. plastkanne eller oljefat) som senkes sammen med pumpa ned til bunnen av pelen.
- b) Siste rest vann kan suges opp i en bunke med bleier, som fires ned.
- c) Siste rest vann kan bindes ved å slippe innholdet av

en eller to sementsekker ned i pelen umiddelbart før støpen starter. For hver liter vann benyttes minimum 2.5 kg sement tilsvarende  $v/c = 0.40$ .

Etter ferdig lensing bør det gå ca. 1 time før pelen støpes ut, for at det skal kunne kontrolleres om det finnes lekkasjer.

En vannmengde tilsvarende 1 cm over hele bunnarealet med rent ferskvann ved utstøping tørt har ikke vært regnet som noe problem. Bunnen i pelen skal da være ren for slam.

Utstyret heises opp og ned med vinsj



Figur 1. Lensing av siste rest av vann i stålrørpel

### 3.1 FJERNING AV SLAM

I en lukket pel fungerer stålrøret også som forskaling. Det er de samme regler for stålrørpeler som for andre støpeformer med hensyn til hva som tillates av forurensning i forma.

Lensede peler kontrolleres best ved øyesyn og godt lys. Er pelene lange og/eller krumme slik at deler av pelen ikke kan sees, kan det brukes videokamera ved inspeksjonen.

Slam som ligger i bunnen av pelen eller henger på veggen kan slemmes opp ved at pelen høytrykkspyles etter grovlensing. Slamsuspensjonen lenses så ut med en grov pumpe.

Volum av slam eller vann i bunnen av pelen kan eksempelvis sjekkes ved at en bit av et armeringsjern festet i en snor e.l. senkes ned til det står på bunnen av pelen. Veltes jernet raskt, vil lyden kunne fortelle om bunnen er ren eller tilslammet. Blir jernet i tillegg skjult av vann er det for mye vann i pelen og det må lenses ytterligere.

## 4.0 TØRRSTØP

### 4.1 PARAMETERE FOR VURDERING AV STØPEMETODE

Parameterene for vurdering av støpemetode er i første rekke:

- a) Pelens helning
- b) Pelens lengde (dybde)
- c) Pelens diameter
- d) Armeringstetthet

Vertikale peler er sjelden helt vertikale. For peler som er prosjertert vertikale og som rammes på land gjelder iflg. Prosesskode-2 en helningstoleranse på 2.5 % (40:1) dersom annet ikke er spesifisert.

I pelegrupper med få og lange vertikale peler prosjekteres ofte pelene med en helning på 2 % (50:1) fra hverandre for å sikre at pelene ikke vil komme i berøring med - eller krysser hverandre i dypet. Peler kan også under uheldige omstendigheter "trekke seg" i løsmassene og få et helningsavvik.

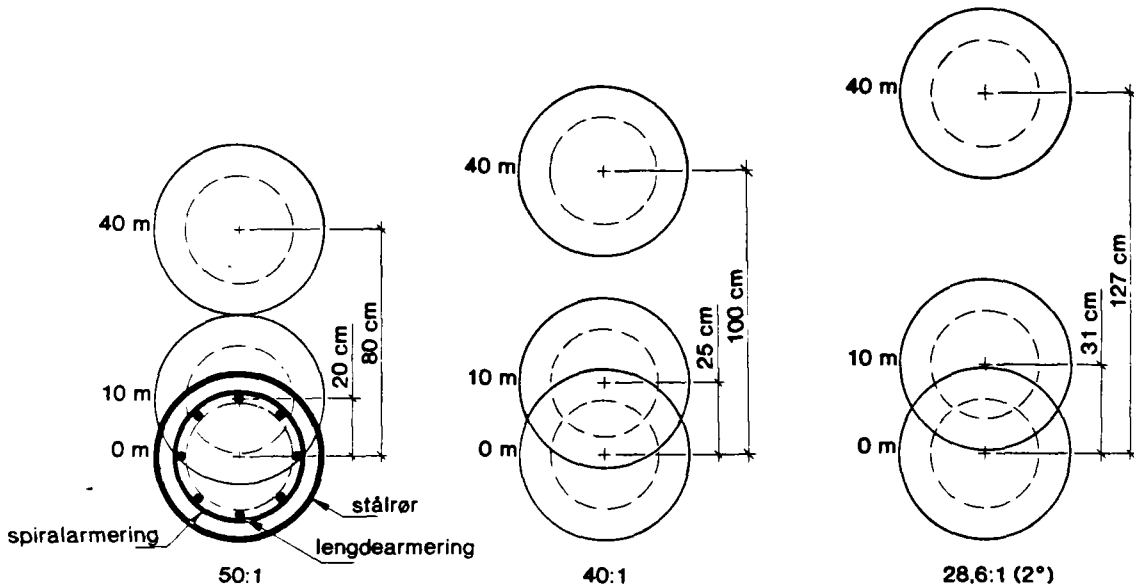
For stålørpeler med stor lengde betyr det at det ikke skal stort avvik til fra loddlinja før bunnen av pelen kommer betydelig ut fra projeksjonen av peletoppen.

Tabell 1.  
Horizontal-  
forskyvning  
av peletverr-  
snittet som  
funksjon av  
pelens helning  
og dybde

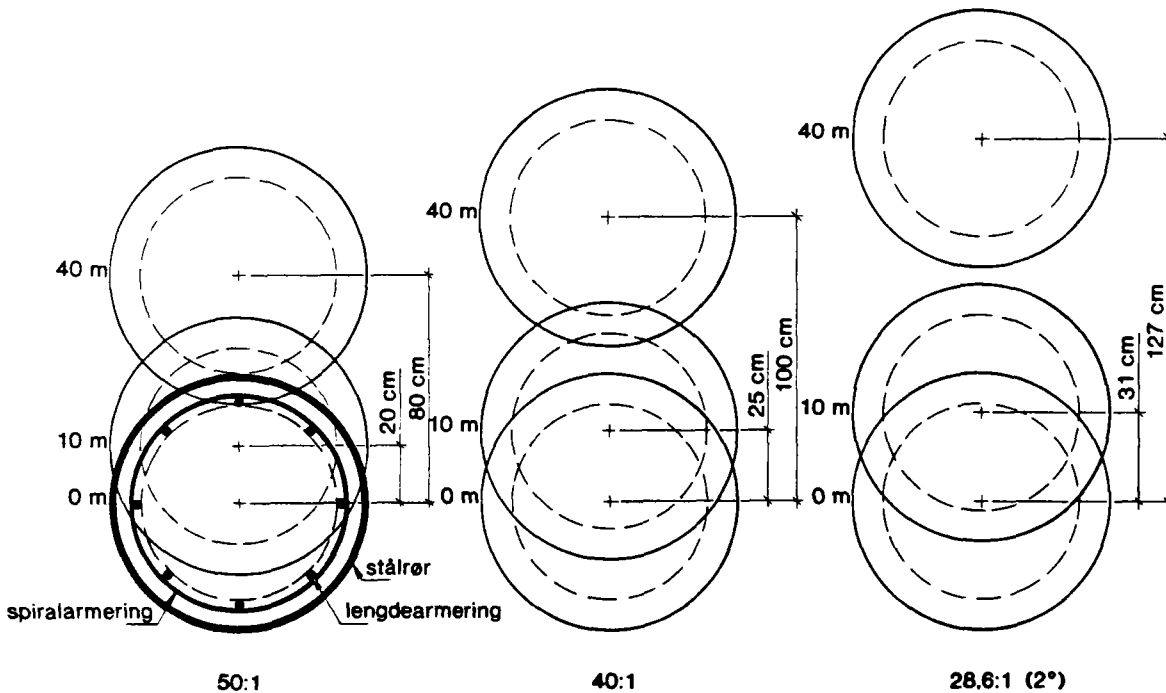
HELNING	DYBDE	
	10 m	40 m
1.1 <sup>0</sup> (50:1)	20 cm	80 cm
1.4 <sup>0</sup> (40:1)	25 cm	100 cm
2 <sup>0</sup> (≈ 30:1)	31 cm	127 cm
4 <sup>0</sup> (≈ 15:1)	63 cm	252 cm



Horisontalforskyvningen er også illustrert i figur 2 (60 cm pel) og figur 3 (90 cm pel). Ytre sirkel indikerer ytre pelediameter (hhv. 60 cm og 90 cm), indre sirkel (stiplet) angir fritt område innenfor armering  $\varnothing^k 25$  vertikalt,  $\varnothing^k 12$  spiralarmering og 50 mm overdekning.

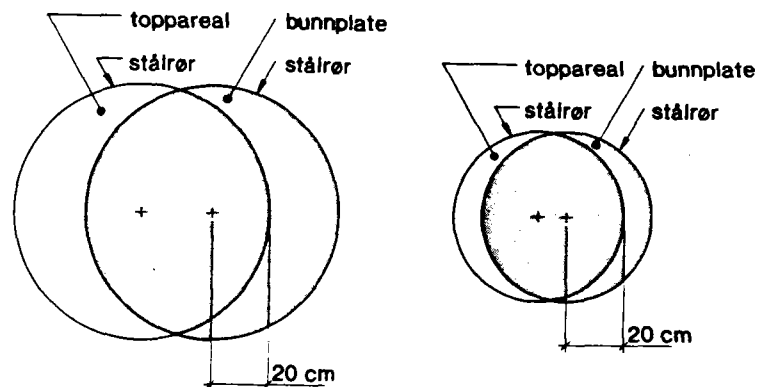


Figur 2. Horisontalforskyvning av 60 cm pel rammet med helning 50:1 ( $1.1^\circ$ ), 40:1 ( $1.4^\circ$ ) og  $\approx 30:1$  ( $2^\circ$ ). Stiplet sirkel angir fritt område innenfor armering.



Figur 3. Horisontalforskyvning av 90 cm pel rammet med helning 50:1 ( $1.1^\circ$ ), 40:1 ( $1.4^\circ$ ) og  $\approx 30:1$  ( $2^\circ$ ). Stiplet sirkel angir fritt område innenfor armering.

I utstøpingssammenheng kan en pel regnes som vertikal når senter av bunnen ligger minst 20 cm innenfor projeksjonen av topparealet. Dette er illustrert i figur 4.



Figur 4. Definisjon av vertikal pel i utstøpingssammenheng. Senter av bunnen skal ligge minst 20 cm innenfor projeksjonen av topparealet. Figuren viser pel med diameter 90 cm til venstre, 60 cm til høyre.

## 4.2 STØPEMETODER VED TØRRSTØP

Prosesskode-2 beskriver i post 83.25 utstøping ved styrting gjennom trakt med begrenset massestrøm fra toppen av pelen for vertikale peler.

I skrå peler er det beskrevet at det skal brukes føringsrør til under armeringsnivå. Under dette nivået kan massen styrtes.

Forutsetningen for styrting er en betong som er proporsjonert med henblikk på liten separasjon, samt en mørtelpute i bunnen av pelen av samme fasthetsklasse som den etterfølgende betong.

De støpemetoder som er aktuelle ved tørrstøp i stålrørpeler er:

- a) Fritt fall gjennom trakt (styrting) fra toppen av pelen
- b) Føringsrør så langt ned at betongen får et fritt fall i størrelsesorden 2 - 5 m
- c) Dykket støperør, dvs. føringsrøret står ned i bløt betong

### a) FRITT FALL/STYRTING AV BETONGEN

Fritt fall over større høyder har både fordeler og risikomomenter. Fordelene ligger i at metoden er enkel og billig. I tillegg får betongen en naturlig og god komprimering. De kraftige slagene betongen får og gir, vibrerer

betongen og innkapslede luftporer vil i stor grad unnvike.

Metoden innebærer risiko for separasjon av betongen, med steinreir som konsekvens. Separasjon vil i særlig grad skje når betongen slår mot armeringen. Slag mot armeringen regnes som en langt større årsak til separasjon enn selve det frie fallet.

Det er også stor fare for at armeringen kan slås løs av den fallende betongen. Vanlig praksis er at spiralarmeringen nestes fast til lengdearmeringen ved sveising, eller at den bindes ring for ring fast i lengdearmeringen med enkelte sveisenester i tillegg. Når armeringskurven entres i pelen utsettes forbindelsene for en stor påkjenning og det er en reell risiko for at sveiseforbindelsene kan slås opp.

Noen mulighet for å kontrollere armeringen under/etter utstøping finnes ikke.

Ut fra disse hensyn bør utstøping ved fritt fall (styrting) over større høyder enn 5 m begrenses til peler hvor det er liten risiko for slag av betong mot armering, dvs. vertikale peler og uarmert del av peler. Materialstrømmen bør sentreres med rør eller trakt og begrenses. Vertikale peler er under pkt. 4.1 definert som peler hvor bunnplatas senter faller innenfor projeksjonen av topparealet.

#### b) FØRINGSRØR TIL 2 - 5 M OVER BETONGEN

For utstøpning av skrå peler med armering bør betongens frie fall begrenses til ca. 2 - 5 m ved bruk av føringsrør.

#### c) DYKKET STØPERØR

Ved dykket støperør forsvinner komprimeringseffekten en får fra fallet. En må regne med at ved neddykkingsdybde av føringsrøret over ca. 0.5 m vil slagene fra betongen bli så mye dempet i føringsrøret at komprimeringskraften tapes. Foruten slagenergien fra fallende betong vil også støpetrykket bidra vesentlig til komprimering av betongen.

For alle metodene gjelder at de øverste 4 - 5 m av pelene bør komprimeres med stavvibrator.

### 4.3 BETONG FOR TØRRSTØP

I og med at vi ikke har noen visuell kontroll med utstøpningen av stålrørpeler bør en ta hensyn til risikoen for separasjon av betongen uansett støpemetode.

Risikoen for steinreir som følge av separasjon reduseres ved

- a) Mørtelpute i bunnen av pelen, eller betong med redusert steinmengde i hele pelen
- b) God sammenhengsevne (stor seighet) for betongen

For å oppnå god sammenhengsevne i betongen bør betongsammensetningen være i samsvar med MA-kravene i Prosesskode-2.

Betong til tørrstøp bør sammensettes etter følgende retningslinjer:

- C 45 MA etter Prosesskode-2
- Silikadosering normalt ca. 5 %, dosering opp til 8 % bør tillates.
- $D_{max} \leq 26$  mm, fortrinnsvis i området 16 - 20 mm
- Synkmål  $22 \pm 2.5$  cm
- Luftinnhold  $5 \pm 1.5$  % (tilstreb 4.0 - 4.5 %) kreves kun i frostsonen, ikke under frostfri dybde.
- Tilslagssammensetningen kan følge et av alternativene:
  - a) I bunn pel plasseres først en 2-3 m høy mørtelpute, deretter benyttes betong med normal steinmengde. Mørtelputen kan gjerne ha større høyde enn 3 m. Mørtelputen og den etterfølgende betong skal ha samme fasthet.
  - b) Ca. 25 % redusert steinmengde i all betongen i hele pelens lengde.

## 5.0 UNDERVANNSTØP

Riktig utført med egnet betong gir undervannstøp en fullverdig utstøpning av stålrørpeler. Pga. det lille tverrsnittet vil en alltid få stor stigeastighet, noe som er gunstig. Stålrøret gjør at en ikke trenger å engste seg for støpetrykket. Undervannstøping av stålrørpeler er derfor av de aller enkleste blant vanlige undervannstøper, dermed er det også en fallgrube: Det kan være fristende å forsøke med en alt for enkel tilrigging eller utførelse.

Undervannstøp kan utføres på to alternative måter:

- 1) konvensjonell dykket rørstøp
- 2) pumpestøp, som egentlig er en variant av dykket rørstøp.

Det er to kritiske faser i en undervannstøp:

- a) Å unngå utvasking av betongen i det en starter opp, "tar slippen".
- b) Å unngå for liten neddykkingsdybde når en suksessivt trekker støperøret opp under utstøping.

Den store dybden av stålrørpeler gjør at det er vanskelig å ha egentlig kontroll i det en tar slippen. For å være sikker på kvaliteten av betongen helt ned i pelespissen, bør det brukes AUV-betong.

## 5.1 BETONG TIL UNDERVANNSTØP

AUV-betong bør proporsjoneres med en høyere mørtelandel enn det som er vanlig for AUV-betong. Doseringen av AUV-stoff bør være tilsvarende 15 - 20 kg/m<sup>3</sup> Rescon T. Masseforholdet  $m = v/c + 2s$  for AUV-betongen bør være mindre eller lik 0.45.

Vanlig undervannsbetong uten AUV-stoff bør ha et masseforhold  $m = v/c + 2s \leq 0.40$ , silikadosering bør være 4 - 10 vekt-% av sementvekten. Så lavt masseforhold gir ofte problemer med å beholde flyteevnen i betongen over lang tid, og anbefales derfor ikke ved store undervannstøper. For stålrørpeler er dette ikke noen viktig innvending, tvert i mot er det ønskelig at betongen har stor seighet.

I frostsonen av peler bør det benyttes vanlig undervannsbetong med luftinnhold  $5 \pm 1.5\%$  (tilstrebe 4.0 - 4.5%).

## 5.2 KONVENSJONELL DYKKET RØRSTØP

På grunn av AUV-betongens klebrighet er konvensjonell rørstøp med AUV-betong neppe gjennomførlig for større pelelengder (støperørlengder) enn ca. 15 m. Selv ved støperørlengde omkring 8 m kan en risikere problemer med 6" støperør. Bruk av konvensjonell dykket rørstøp forutsetter derfor vanlig undervannsbetong uten AUV-stoff. Metoden anbefales derfor ikke for peler som er armert til bunns eller høyt statisk påkjent helt til bunns. "Slippen" bør tas med ventil som fires ned med kran (pga. den store dybden), se figur 6, eller med munningsventil som kan åpnes ovenfra.

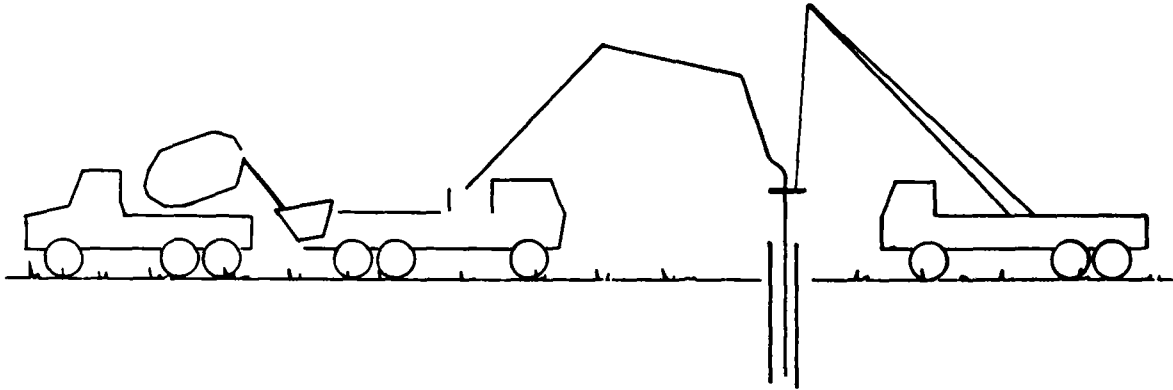
## 5.3 PUMPESTØP

Pumpestøp er generelt en bedre støpemetode enn den konvensjonelle dykkede rørstøpen fordi:

- a) en kan holde større neddykkingsdybde
- b) en får bedre kontinuitet i støpingen
- c) en kan benytte AUV-betong uten å få vesentlige problemer med bevegelse av betongen gjennom rør.

Fordi AUV-betong er ekstremt seig og glir meget tregt i rør, bør det benyttes 5" rør i pumpeledningen og i støperøret helt ned. Tilriggingen bør være som vist i figur 5. Støperøret bør

heises opp med kran fordi en normalt ikke kan regne med at pumpebilen har tilstrekkelig løftekapasitet. Bommen på pumpe må være forbundet med støperøret ved en fleksibel slange.



Figur 5. Tilrigging ved pumpestøp

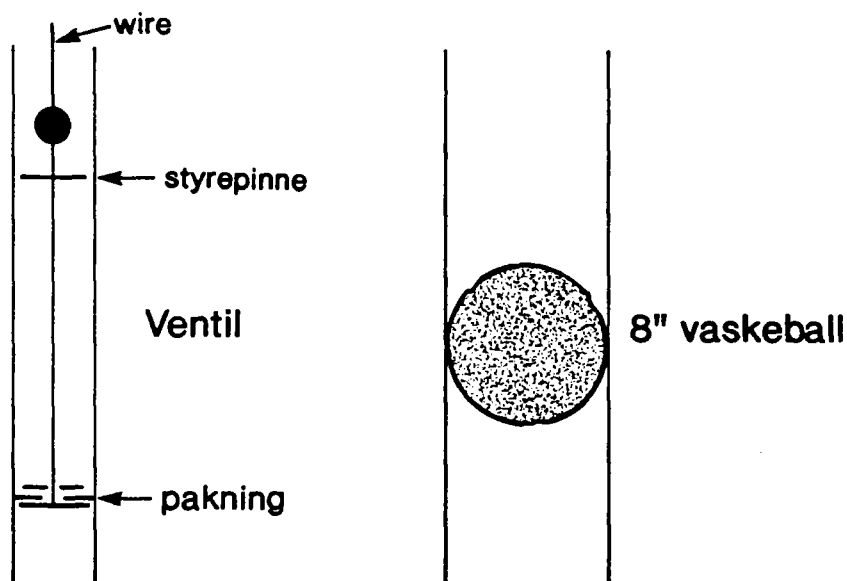
Arbeidsprosedyren er normalt:

- 1) Støperør av stål (5"), helsveiset eller med tette skjøter, settes ned helt til bunnen av pelen ved hjelp av kran.
- 2) Pumpeledningen fram til enden av gummislangen smøres opp med sementlim eller mørtel.
- 3) AUV-betong fylles i pumpe og pumpes gjennom til det kommer normal AUV-betong ut av pumpeledningen.
- 4) En vaskeball (skumplast-ball) puttes ned i støperøret.
- 5) Normalt bør det fylles noen liter bløt AUV-mørtel i støperøret (over ballen) for smøring av støperøret ved oppstart.
- 6) Pumpeledningen kobles til støperøret.
- 7) Pumping av mørtelrik AUV-betong starter.

- 8) AUV-betong pumpes sakte (meget sakte for å unngå ekstremt høyt pumpetrykk). Når støperøret har fått 2 - 3 m neddykkingsdybde i bløt betong, heises støperøret forsiktig. Røret bør videre ha en neddykkingsdybde på 2 - 4 m.
- 9) Når støperøret er heist så høyt som det er praktisk mulig, senkes støperøret 2 - 3 m ned for å beholde stabilitet av betongen i røret. Støperøret demonteres eller kappes ved ok. pel. NB! Pelen må tildekkes slik at søl av betong i pelen unngås! Pumpa kobles til igjen, røret heves og pumping fortsetter.

Etter et volum av AUV-betong tilsvarende 2 - 3 m pel kan en gå over til vanlig undervannsbetong. I frostsonen bør det benyttes vanlig undervannsbetong (uten AUV-stoff) med luftinnhold  $5 \pm 1.5 \%$  (tilstreb 4.0 - 4.5 %).

Alternativt til bruk av vaskeball for å ta "slippen", kan det med fordel brukes munningsventil som åpnes ovenfra.



Figur 6. Ventil og vaskeball til bruk når "slippen" tas.

Under støpingen bør støperøret ha en neddykkingsdybde på min. 2 m. Støpingen bør foregå mest mulig kontinuerlig.

Det vises forøvrig til Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 5 "Betongstøp i vann".

## 6.0 KONKLUSJONER

Stålrørpeler bør som hovedregel utstøpes ved tørrstøp. Tillatt vannmengde i pelen ved tørrstøp skal ikke overstige et volum tilsvarende 1 cm x bunnarealet.

Åpne peler og peler med lekkasje støpes ut med undervannstøp. Dersom pelen er uarmert i nedre del, bør det undervannstøpes en "propp" i bunnen, slik at resten av pelen kan tørrstøpes.

Skrå peler og vertikale peler med avvik fra loddlinja slik at senter av bunnen ligger mindre enn 20 cm innenfor projeksjonen av topparealet til pelen, støpes ut ved bruk av føringsrør. Føringsrøret holdes slik at betongen får et fritt fall på 2 - 5 m. Uarmerte deler av stålrørpeler og armerte peler med minimale avvik fra loddlinja kan støpes ut ved fritt fall av betongen. Dersom støperøret dykkes ned i betongen, bør neddykkingsdybden ikke overstige 0.5 m.

For betong til tørrstøp bør tilstrebes meget god sammenhengsevne (seig konsistens). Betongen proporsjoneres ut fra følgende retningslinjer:

- C 45
- Miljøklasse MA:  $m = v/(c + 2s) \leq 0.40$
- Silikainnhold 2-8 %, normalt  $\approx 5\%$  av sementvekten.
- $D_{max} \leq 26$  mm, fortrinnsvis 16 - 20 mm.
- Synkmål  $22 \pm 2.5$  cm
- Luftinnhold  $5 \pm 1.5$  % (tilstreb 4.0 - 4.5 %) kreves kun i frostsonen
- Tilslagssammensetning, alternativt:
  - a) 2 - 3 m mørtelpute først, deretter betong med normal (full) steinmengde, eller
  - b) betong med ca. 25 % redusert steinmengde i hele pelens lengde

Ved undervannstøp benyttes fortrinnsvis pumpestøp, hvorved det startes opp med min. 2 - 3 m AUV-betong. Proporsjoneringsregler for AUV-betongen:

- Masseforhold  $m = v/(c + s) \leq 0.45$
- AUV-tilsetning tilsvarende 15 - 20 kg/m<sup>3</sup> Rescon T
- Relativt høy mørtelmengde, sand/steinforhold i området 55/45 - 60/40.

I mellomliggende del, fra 3 m over bunn pel og opp til frostsonen, kan det benyttes:

- AUV-betong
- Vanlig undervannsbetong  $m \leq 0.40$ , uten hverken AUV-stoff eller ekstra luft.
- Vanlig undervannsbetong med luft.

I frostsonen benyttes vanlig undervannsbetong etter følgende spesifikasjoner:

- Masseforhold  $m = v/(c + 2s) \leq 0.40$
- Luftinnhold  $5 \pm 1.5$  % (tilstreb 4.0 - 4.5 %)



## 7.0 REFERANSER

1. Statens vegvesen (1988). Håndbok nr. 026, Prosesskode-2, 2.utgave.
2. Norsk Betongforening (rev. 1980). Norsk Betongforenings Publikasjoner nr. 5, Retningslinjer for prosjektering og utførelse av betongkonstruksjoner i vann.
3. Bildet på forsiden er fra dykket rørstøp i åpne peler, Milestein bru, Buskerud. Foto: Ola Håvard Hole.