

## Rapport nr. 82

Hølendalen jernbanebru.

Borede peler.



## Hølandalen jernbanebru. Borede peler.

### Sammendrag

I forbindelse med fellesprosjektet mellom NSB og Statens vegvesen Akershus mellom Rustad og Smørbekk er det i 1994 bygget ny jernbanebrua over Hølandalen.

Brua er i akse 3 fundamentert på 6 stk. borede peler. Denne rapporten omhandler fundamenteringsarbeidene for akse 3.

**Emneord:** *Bru, borede peler, kalk-/sementpeler, videofilming, kjerneboring, kostnader.*

**Seksjon:** *Statens vegvesen, Akershus*  
**Saksbehandler:** *Morten Børresen*  
**Dato:** *Oktober 1996*

---

**Statens vegvesen, Vegdirektoratet  
Akershus**

Rapporten kan fås ved henvendelse til Veglaboratoriet, Arkivet:  
Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo. Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

# *Innhold*

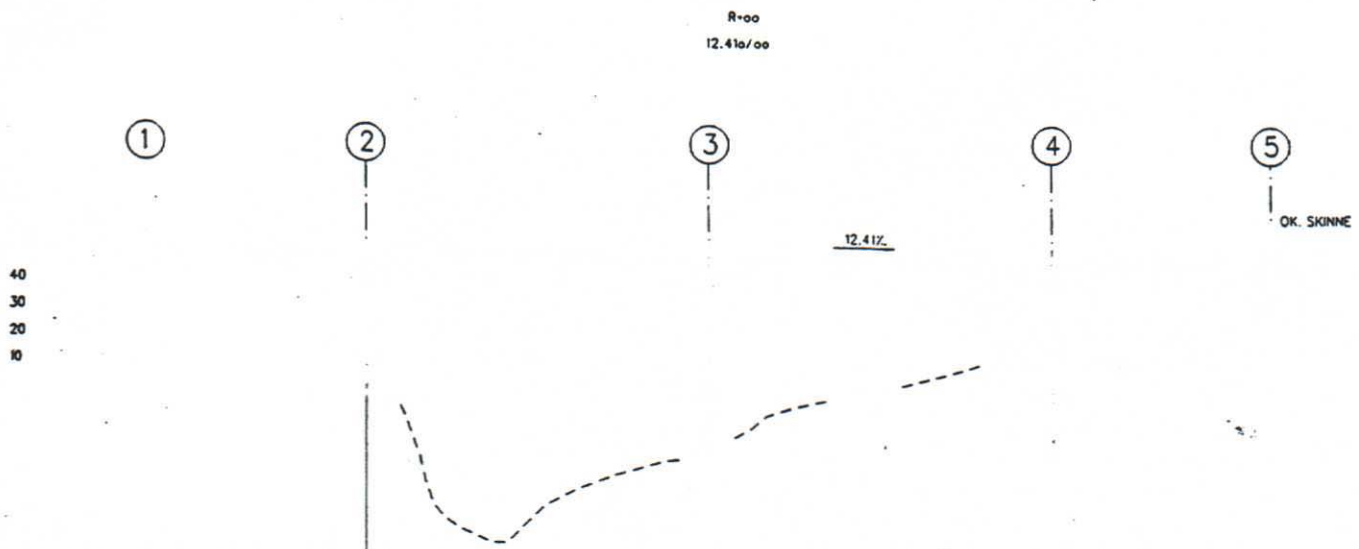
<i>Innledning</i> . . . . .	2
<i>Grunnundersøkelser</i> . . . . .	2
<i>Grunnforsterkninger</i> . . . . .	2
<i>Grabbing og nedpressing av rør</i> . . . . .	5
<i>Videofilming</i> . . . . .	7
<i>Armering</i> . . . . .	9
<i>Støping / betong</i> . . . . .	10
<i>Geometrisk plassering</i> . . . . .	11
<i>Kjerneboring</i> . . . . .	12
<i>Økonomi</i> . . . . .	13
<i>Entreprenøren</i> . . . . .	13



# HØLENDALEN JERNBANEBRU.

BOREDE PELER I AKSE 3.

MAI-JUNI 1994.



## INNLEDNING:

I forbindelse med fellesprosjektet mellom N.S.B. og S.V.A. fra Rustad til Smørbekk, en strekning på 8,7 km krysser traseen Hølendalen. N.S.B. med dobbeltspor på en bru, og E-6 på to bruer. Vegbruene skal ikke bygges før neste vegplanperiode.

Jernbanebrua er en fritt frambyggbru på 416 meter fordelt på 4 spenn, der 4 av fundamentene står direkte på fjell, og ett fundament (akse 3) står på borede peler til fjell. Dybde ca. 30 meter.

Entreprenør var arbeidsfellesskapet Ragnar Evensen / Skanska. Fundamenterings-arbeidene i akse 3 ble utført av underentreprenør Haka OY.

Fundamentet i akse 3 består av 6 stk. borede peler med diameter 1500 mm. Lengden på pelene varierte fra 24,35 meter i pel 5 til 27,73 meter i pel 6.

## GRUNNUNDERSØKELSER:

Grunnundersøkelsene for Hølendalen bruer er utført i flere etapper og av ulike firmaer og etater i perioden 1989-1993. Grunnundersøkelsene har bestått av sonderinger til fjell, (enkle sonderinger, dreietrykksonderinger, totalsonderinger og fjellkontrollboringer), opptak av Ø54 mm prøveserier, vingeboringer samt poretrykkmålinger.

Resultatene av grunnundersøkelsene viser at det i akse 1 og 5 er fjell i dagen.

I akse 2 og 4 er dybden til fjell 3-4 meter. Løsmassene her består av stein, blokk og tørrskorpeleire. Fjellet faller sterkt av syd for akse 2.

I området mellom akse 2 og elven Såna er det løsmassemektheter på mer enn 60 meter.

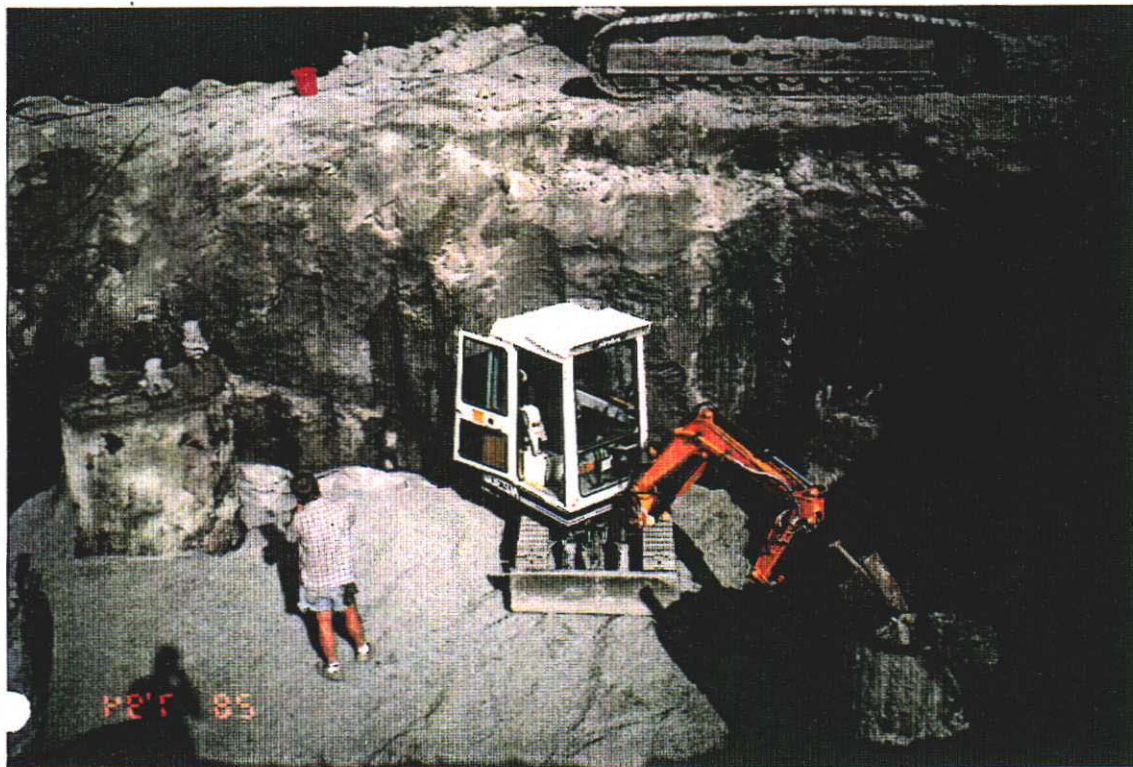
Ved akse 3 er dybden til fjell ca. 32 meter. Løsmassene består av 3 meter tørrskorpeleire over middels fast, siltig leire. I dybde 4-10 meter er leiren meget sensitiv. Over fjell indikerer boringene et morenelag med maksimum tykkelse på 3,7 meter. Fra akse 3 og ned mot Såna skråner terrenget med helning 1:2.

## GRUNNFORSTERKNINGER:

Som grunnforsterkning (avstiving) av byggegrop og området rundt akse 3, var det forutsatt benyttet dypstabilisering med kalk-/sementpeler.

Grunnforsterkningen ble utført fra planert terreng kote + 8,0 og ned til kote 0. Grunnforsterkningen/dypstabiliseringen ble utført som en tett "kasse"-vegg rundt fundamentomkretsen. I tillegg ble grunnen innvendig i kassen forsterket med ribber av kalk-/sementpeler.

Etter at arbeidene med de borede pelene var avsluttet, ble byggegropen gravet ut ned til kote + 4,5 (kappnivå borede peler). Kalk-/sementpelene fungerte da som en spuntvegg. Annen avstiving av byggegropen ble ikke foretatt.

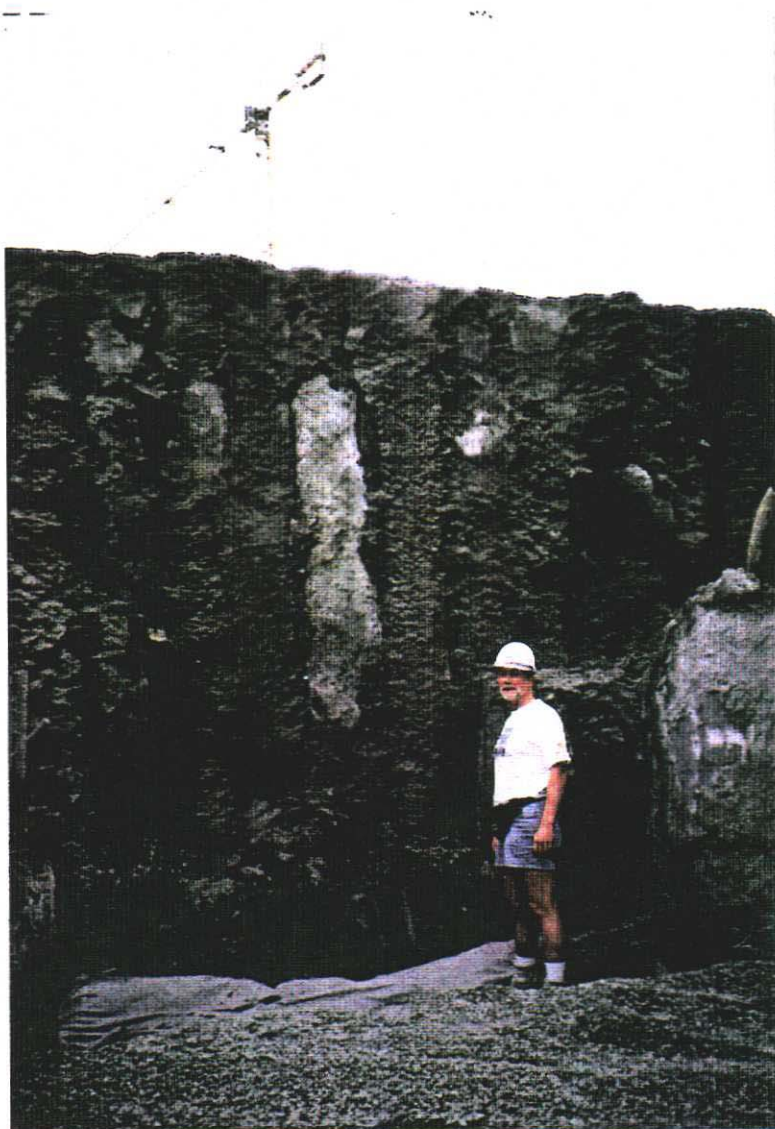


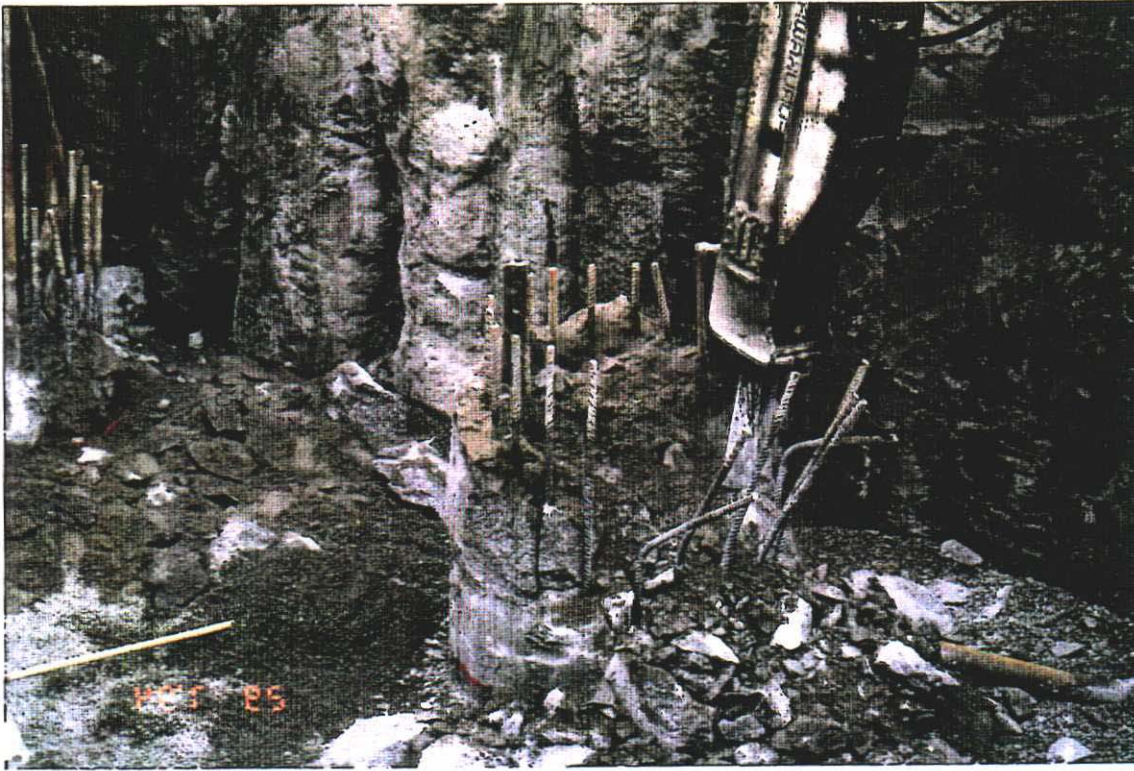
Bilde 1:

Utgravd byggegrop.  
Avretting pågår.

Bilde 2:

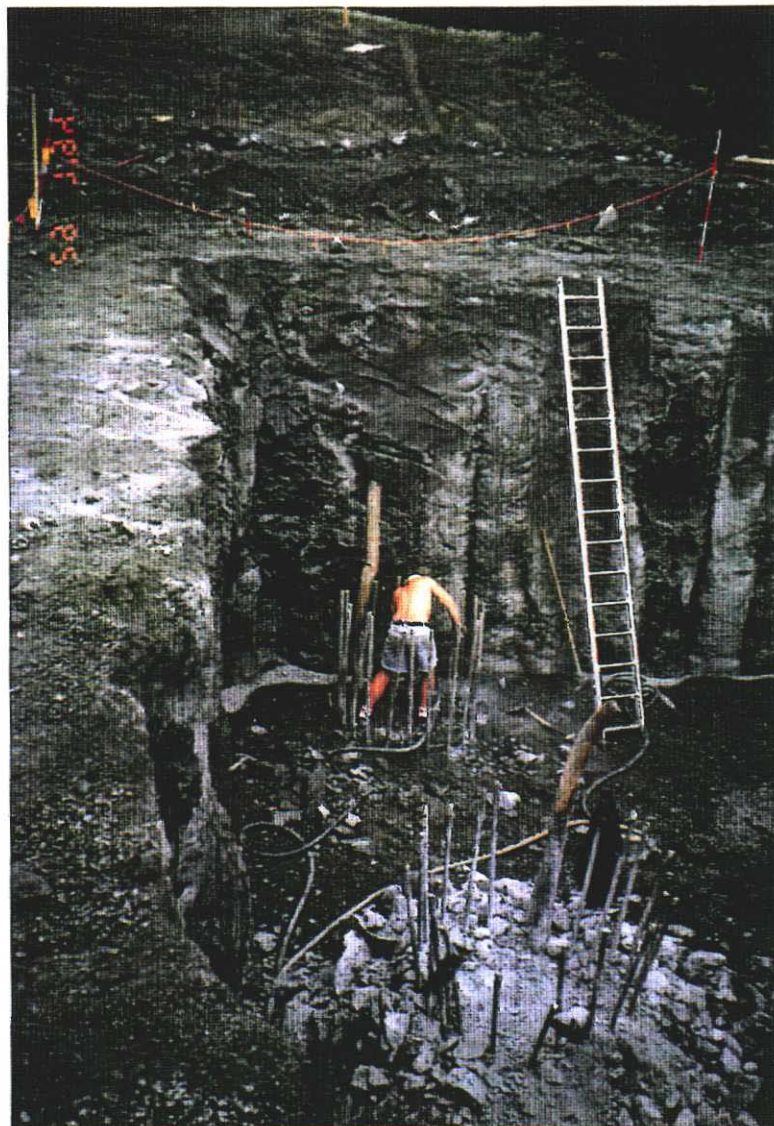
Byggeleder Folmer Plambeck-Nielsen på befaring. Blottlagte kalk/ sementpeler ses i bakgrunnen. Til høyre på bildet skimtes en av de borede pelene. Pelen er overstøpt med ca. 2 meter. Overstøpt betong pigges bort senere.





Bilde 3:

Fjerning av  
utvasket  
overflødig  
betong pågår.



Bilde 4:

Meisling av betong ned mot  
teoretisk kappnivå utføres  
med håndholdt utstyr.

## GRABBING OG NEDPRESSING AV RØR:

Ved etablering av borede pilarer trykkes og dreies et stålrør ( GH-rør ) ned i grunnen av en hydraulisk klemme. GH-rørene har en godstykkelse på 20 til 35 mm og har varierende lengder for å kunne tilpasses vekslende dybder til fjell. Det nederste røret, bunnrøret, har en forsterket tannkrans i hardmetall i enden av røret. (Godstykkelse på denne er 50 mm).

Etter hvert som røret presses ned i grunnen, grabbes massene ut innvendig i røret, og nye rør skjøtes på med gjengede bolter. For å unngå bunnoppressing er røret fylt med støtteveske, i dette tilfellet vann. Grabbenivået ligger også til enhver tid noen meter over u.k. av GH-røret.

Når røret treffer fjelloverflaten, grabbes restene av leiren ut, og en tung fallmeisel senkes innvendig i røret. Denne meisler ut fjellet samtidig som røret dreies inn i fjell i fullt tverrsnitt. Prosesskoden krever min 10 cm i fullt tverrsnitt. Dette må vurderes i hvert enkelt tilfelle, og er avhengig av skråfjell, bergart og vannføring .

I Hølendalen var fjelloverflaten av en meget dårlig beskaffenhet, slik at det var nærmest umulig å avgjøre hvor stor helning fjellet hadde i hvert enkelt pelepunkt. Dette har avgjørende betydning for slutttoppgjøret, da pelene deles inn i fire forskjellige grupper i forhold til fjellhelning. Gruppe 1 = kr. 3.200,- og gruppe 4 = kr. 8.000,- (Forskjellen i pris på dette arbeidet er som regel mye større.)

Pga. dårlig fjell og stor fjellhelning, ble røret dreiet opp til 2,2 meter inn i fjell. Dette er målt fra røret første gang registrerte fjellkontakt, og ned til ferdig utmeislet nivå for fjellfot. For å få plassert pelene i riktig fjellhelningsgruppe, ble pelerapportene pluss en stor dose sunn fornuft fra byggherre og entreprenør lagt til grunn. Resultatet ligger trolig svært nær de faktiske forhold.



Bilde 5.

Nye GH-rør skjøtes på i toppen etterhvert som bunnrøret dreies ned i grunnen.



Etter at røret er dreiet inn i fjell og meislingen er avsluttet, tømmes røret for leire, stein og slam. Dette gjøres med grabb, slampumpe og ejetorpumpe/mammutpumpe.

For å kontrollere rensk av fjellfoten, ble 5 meter lange aluminiumstenger skrudd sammen og senket ned i pelen. God rensk kjennetegnes ved god fjellapell. Dette registreres ved at aluminiumstengene heves ca. 20 cm over fjellfoten, og dunkes lett mot fjelloverflaten.

Bilde 6.

Løsmassen innvendig i røret fjernes med grabb.



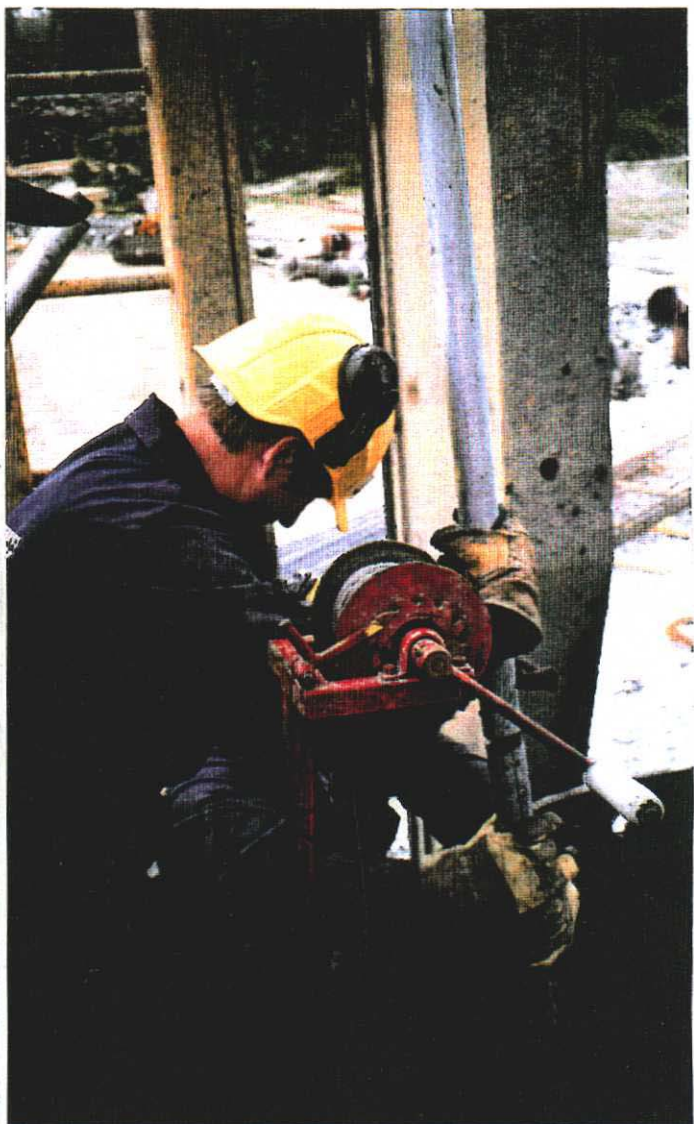
Bilde 7.

Fallmeisel som brukes innvendig i røret for å etablere fjellfeste for pelen.



Bilde 8.

Utmeislet stein fra fjellfoten. Ca 60cm.



Bilde 9.

Montering av aluminiumstenger til bruk for kontroll av fjellfoten.

### VIDEOFILMING:

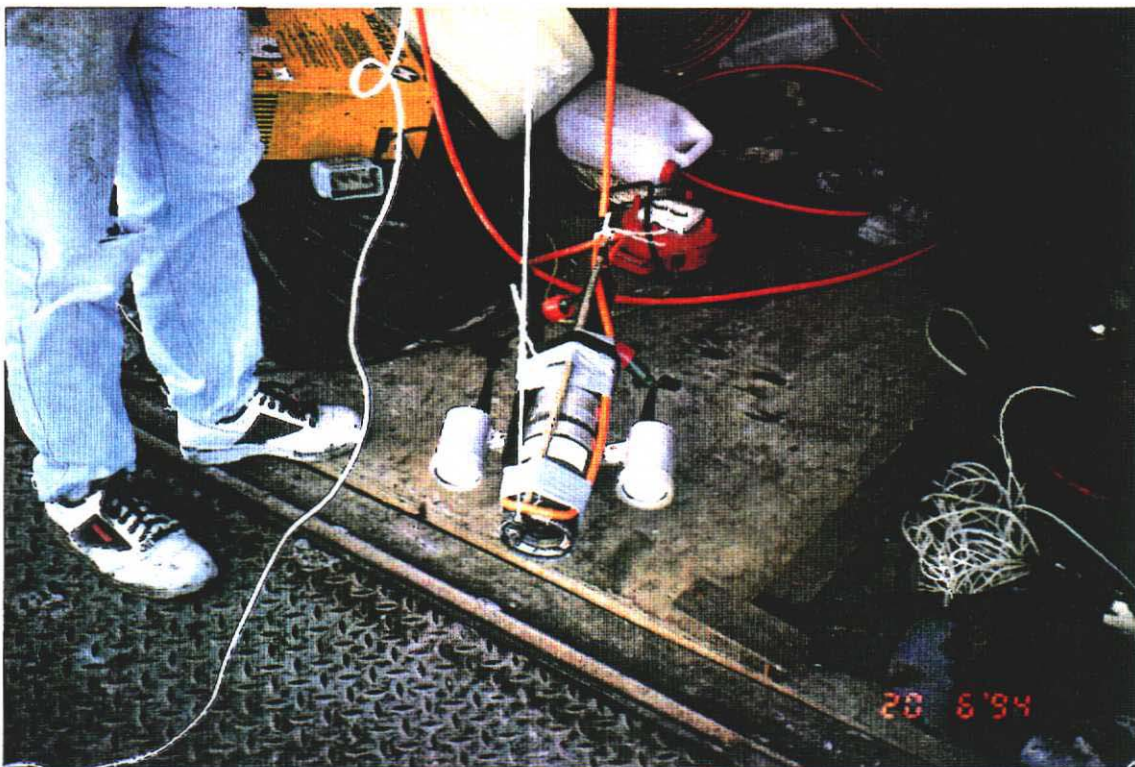
I tillegg til standard kontroll av fjellfoten, var det i kontrakten tatt med videofilming med undervannskamera. Vi var ikke kjent med at dette var gjort på tidligere jobber, og var interessert i å se om dette hadde noe for seg. I så fall ville en videofilm være en god dokumentasjon på rensk av fjellfot før støp.

Rensk av fjellfot er meget vannkrevende når man bruker mammutpumpe. Vannet innvendig i røret må skiftes ut flere ganger. Med 1500 mm rør blir dette ca. 1,65 m<sup>3</sup> vann pr. løpemeter pel. Til mammutpumping ble det brukt vann fra elven Såna. Vannet herfra er ikke drikkevann, da det inneholder endel "grums" og har meget dårlig sikt, men det egner seg utmerket til mammutpumping.

K.A.J. Dykkertjeneste fra Moss utførte videofilmingen av fjellfoten i alle pilarene. Et undervannskamera ble senket ned i det vannfylte røret. Til kameraet ble det festet to tau slik at kameraet ble hengende horisontalt. Kameraet kunne da snues 360 grader i horisontalplanet, samtidig som det kunne vippes 180 grader i vertikalplanet. På denne måten kunne hele fjellfoten kartlegges. Observasjonene ble tatt opp på videokassett med kommentarer underveis.

Kameraet var før det ble senket ned i pelen fokusert på en avstand av 10 cm og påmontert lyskaster på 1000 watt, dette på grunn av den dårlige sikten i vannet. Maks. slamtykkelse på bunnen ble målt til ca. 3 mm. Dette er slam som ble virvlet opp bare av bevegelsen av kameraet, og har ingen betydning for kvaliteten av pelen. Når betongen støpes ut gjennom støperøret vil dette slammet bli virvlet opp, og betongen få full kontakt med fjellet.

Det er verdt å merke seg at slam i tykkere lag en dette ikke vil kunne oppdages av metoden som er beskrevet i prosesskoden for kontroll av fjellfot. Det vil derfor kanskje være en god ide å beskrive videofilming av fjellfot også på fremtidige jobber da erfaringene med metoden har vært såpass positive.



Bilde 10.

Undervannskamera med 2 stk. 500 watt lyskaster.



Bilde 11.

Kameraets bevegelser ble observert på monitor oppe på bakken.

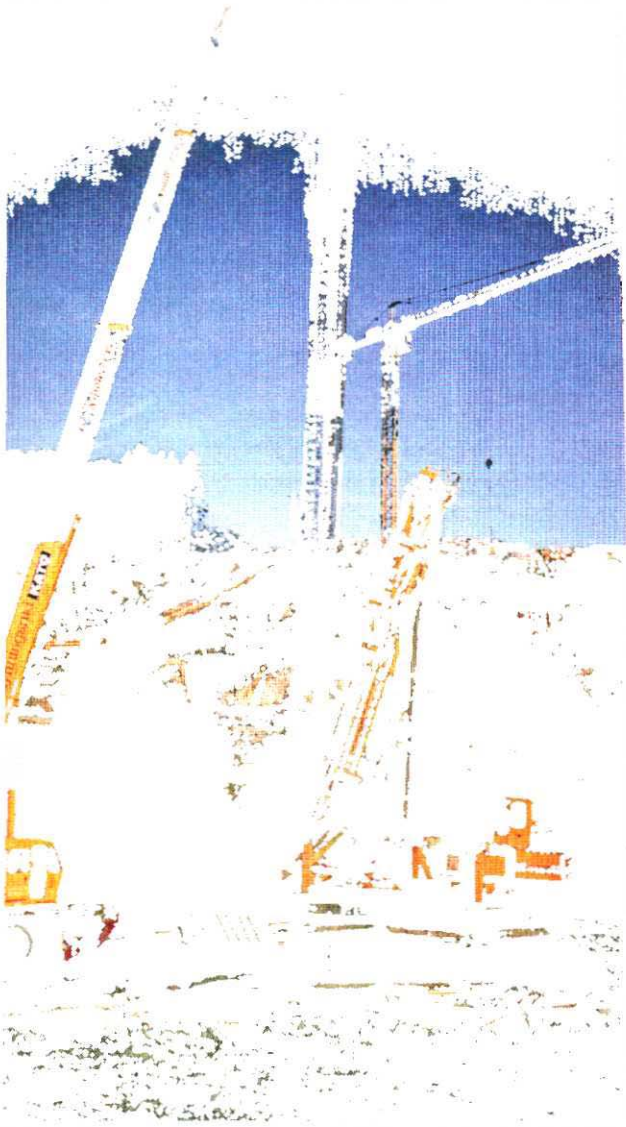
### ARMERING:

Armeringskurvene ble prefabrikkert på stedet. Det ble benyttet 22 stk. Ø 32 som hovedarmering og bøyer Ø 12 med senteravstand 150 mm.

I kontrakten var det beskrevet spiralarmering. Entreprenøren kom med forslag om å benytte standard bøylearmering, da spiralarmering av så lange piler medfører mye plunder og heft. Dette ble innvilget, og avtalt avregnet etter revidert bøyeliste.

For å sikre overdekning på armeringen (70 mm), ble det brukt avstandsklosser i plast som klipses på hovedarmeringen, og låses mot bøylearmeringen. Avstandsklossene bygget 40 mm. De resterende 30 mm av overdekningen kommer i tillegg når GH-røret trekkes opp.

Det var beskrevet montering av foringsrør for dyp kjerneboring av de 2 nederste metrene av pelen og minimum 1 meter inn i fjell. Dette er for å kontrollere både betongen, samt at det ikke har vært innflytning av slam før støp. I tillegg monterte vi inn 2 foringsrør til, i hver pila. Ett rør som gikk 10 meter fra pilartopp og ned, og ett som gikk 20 meter ned. Det var tenkt å benytte disse rørene til kontroll av betongen ved kjerneboring, hvis det ble oppdaget avvik i betongforbruk under utstøping av pelene. Byggherren ville på denne måten spare mye penger på å slippe å bore gjennom mange meter med betong for å komme ned til det antatt dårlige området.



Bilde 12.

Armeringskurven heises ned i GH-røret.



Bilde 13.

Avstandsklosser i plast for å sikre overdekning på armeringen.

## STØPING/BETONG:

Utstøpingen blir utført som undervannsstøp med støperøret neddykket min. 2 meter i betongen. Betongkvalitet C 55.

Byggherren mente entreprenøren burde vurdere å bruke natursingel som tilslag da knust tilslag har lett for å lage propp i støperøret. Entreprenøren hadde allerede valgt Franzefoss som leverandør, og de har ikke natursingel.

Byggherren mente også at entreprenøren burde vurdere å retardere betongen noen timer da pelene var så lange og med diameter på 1500 mm. Betongforbruket på ferdig utstøpt pel er teoretisk 1,767 m<sup>3</sup> betong pr. meter. Skulle det bli problemer under utstøping, må det være mulighet for å trekke opp armeringen og grabbe ut betongen før den har begynt å herde. Entreprenøren besluttet å retardere betongen 6 timer.

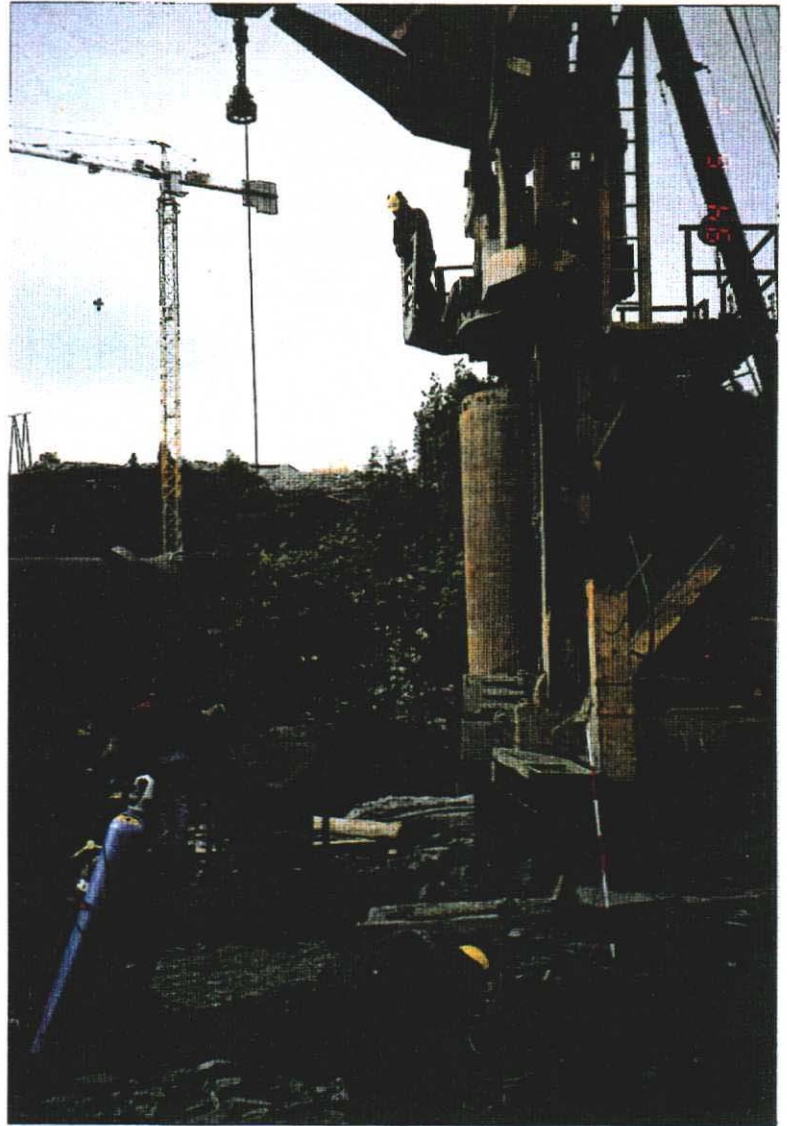
Samtidig med støpingen trekkes GH-røret opp og demonteres etter hvert som skjøtene kommer tilsyne. Under støping er det spesielt viktig å følge med på lengdene på støperøret slik at det til enhver tid er neddykket i betongen. Kommer det vann i støperøret, vil all betongen bli utvasket. Støperøret må heises opp, all utstøpt betong må fjernes og støpen startes helt på nytt. Trekkes GH-røret for høyt opp i forhold til betongnivået kan man få innrasing av leire, og pelen må vrakes.

Støpearbeidene krever at entreprenøren fører en støpelogg hvor kotehøyder på betong for hvert lass, før og etter trekking av GH-rør, kotehøyder u.k støperør og GH-rør og synk i betongen ved trekking av GH-rør følges opp nøye. Dette er meget viktig. Byggherren førte også egen logg på støpearbeidene parallelt med entreprenøren!

I Hølendalen var teoretisk peletopp 4,5 meter under arbeidsnivå. Kontrakten beskrev min. 0,5 meter overstøp på betongen. Denne overstøpen betraktes som utvasket og skal pigges vekk. Etter avsluttet støp, (0,5 til 1 meter over teoretisk peletopp), ble GH-røret fylt med sand før det ble trukket helt opp. Dette er for å hindre innrasing av leire i pelen.

### GEOMETRISK PLASSERING:

Kravet til plassering var + - 100 mm i horisontalplanet og et maks. loddavvik på 2%. Dette krevde nøyaktig utsetting av pilarpunktet og en kontinuerlig måling på det første GH-røret mens det ble trykket ned. Pilarutstyret har mulighet for å justere røret noe ved nedpressing av de første 6 meterne. Nøyaktighet ved ansett kombinert med relativt gunstige masser, gjorde at alle pelene lå innenfor kravet.



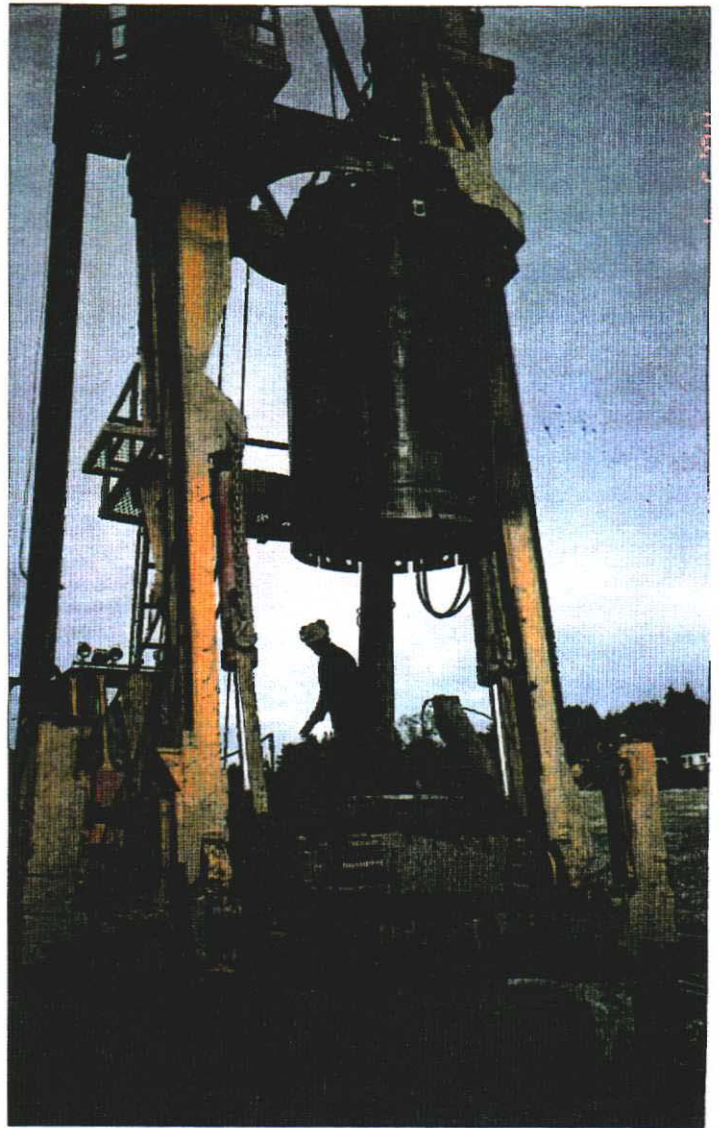
Bilde 14.

Betongen fylles i spesialtobb.



Bilde 15.

Undervannsstøp med neddykket støperør.  
Betongen fortrenger vannet og presser det  
over rørkanten.



Bilde 16.

GH-røret trekkes opp under støp og demonteres.  
Støperøret ( 8" ), må holdes neddykket til  
enhver tid.

## KJERNEBORING:

I mengdene i kontrakten var det satt opp kjerneboring totalt 8 meter. Dette er for ca. 2,5 peler. Enhetsprisen ble derfor unødvendig høy. Kr. 3.113,- pr. meter. Byggherren valgte allikevel å kjernebore overgangen mellom betong og fjell i samtlige peler.

På kjernene som ble boret i pel 2 ble det observert en knusningssone i fjellet ca. 1 meter under ferdig meislet og godkjent fjellfot. Fjellet var som tidligere nevnt meget dårlig enkelte steder. N.G.I. foretok en vurdering av kjernene, og det ble besluttet å vanntapsmåle og injisere under pel 2 for å stabilisere det oppsprukne fjellet. Ved vanntapsmålingen ble det registrert gjennomgang mellom to av kjerneborhullene. Da det var vanskelig å få tettet det andre hullet, var det umulig å avgjøre hvor mye vann som evt. gikk inn i fjell. Injeksjonen ble utført uten at man kunne registrere nevneverdig inngang av injeksjonsmasse. Størrelsen på knusningssonen var sansynligvis mye mindre enn antatt.

Pel 6 ble kjerneboret fra 20 meter og ned i fjell. (Gjennom ett av de ekstra monterte foringsrørene.) Dette ble vurdert utfra støpedagboken til byggherren, hvor det var noe avvik i betongforbruket i negativ retning i forhold til det teoretiske. Mistanke om innpressing av leire i betongen. Kjerneboringen viste ingen spor av leire i det aktuelle området.

I tillegg utførte vi kjerneboring i toppen av pel 3 og 5 for å konstatere at den beskrevne overstøpen på 0,5 meter er tilstrekkelig mot utvasking av betongen i toppen av pelen.

Som en oppsummering må det sies at resultatene fra kjerneboringen var meget bra. Det ble ikke oppdaget skader på betongen eller feil og mangler som følge av utførelsen! Det negative må være at det ble for dyrt. Mengdene i kontrakten må stå i forhold til det som er tenkt utført. Det hadde kanskje også blitt billigere hvis vi hadde gått ned på kjernediameteren. Er det behov for kjerne på 71 mm?

Byggherren fikk i tillegg en regning på kr. 26.685,- ekskl. mva. for tap av kjerneborutstyr pga. slepper i fjellet etc, noe som førte til fastboring og uforholdsmessig stor slitasje av utstyret. Dette ble akseptert som et byggherreansvar.

### ØKONOMI:

Fundamenteringsarbeidene med borede peler i akse 3 var priset til kr. 1.562.654,-

Sluttsummen lød på kr. 1.542.842,- som er kr. 19.812,- mindre enn antatt!

Dette skyldes at ventetid og driftstid for pelerigg, samt rigg for sprengning og sprengning av steinblokker i grunnen ikke kom til utførelse. Til gjengjeld kjerneboret vi for kr. 172.364,-, mens det i kontrakten kun var priset kjerneboring for kr. 24.903,-.

### ENTREPRENØREN:

Ekspertisen blant entreprenører er ofte svært liten når det gjelder borede peler. Det er kun et fåtall mindre entreprenørfirmaer som utfører denne type fundamentering i Norden. Dette medfører at hovedentreprenøren har lite å bidra med, og vet ofte ikke hva de burde kontrollere. Konsekvensen av dette er at det meste av dialogen går direkte mellom byggherrens kontrollør og underentreprenør. Med tanke på kvaliteten på sluttproduktet er det helt klare fordeler for byggherren med denne samarbeidsformen. Under arbeidene med borede peler er det ofte det oppstår situasjoner som krever en hurtig men samtidig riktig avgjørelse. Dette stiller store krav til byggherren ved umiddelbart å informere hovedentreprenør om evt. avtaler som er inngått ute på anlegget slik at tilleggskrav unngås.

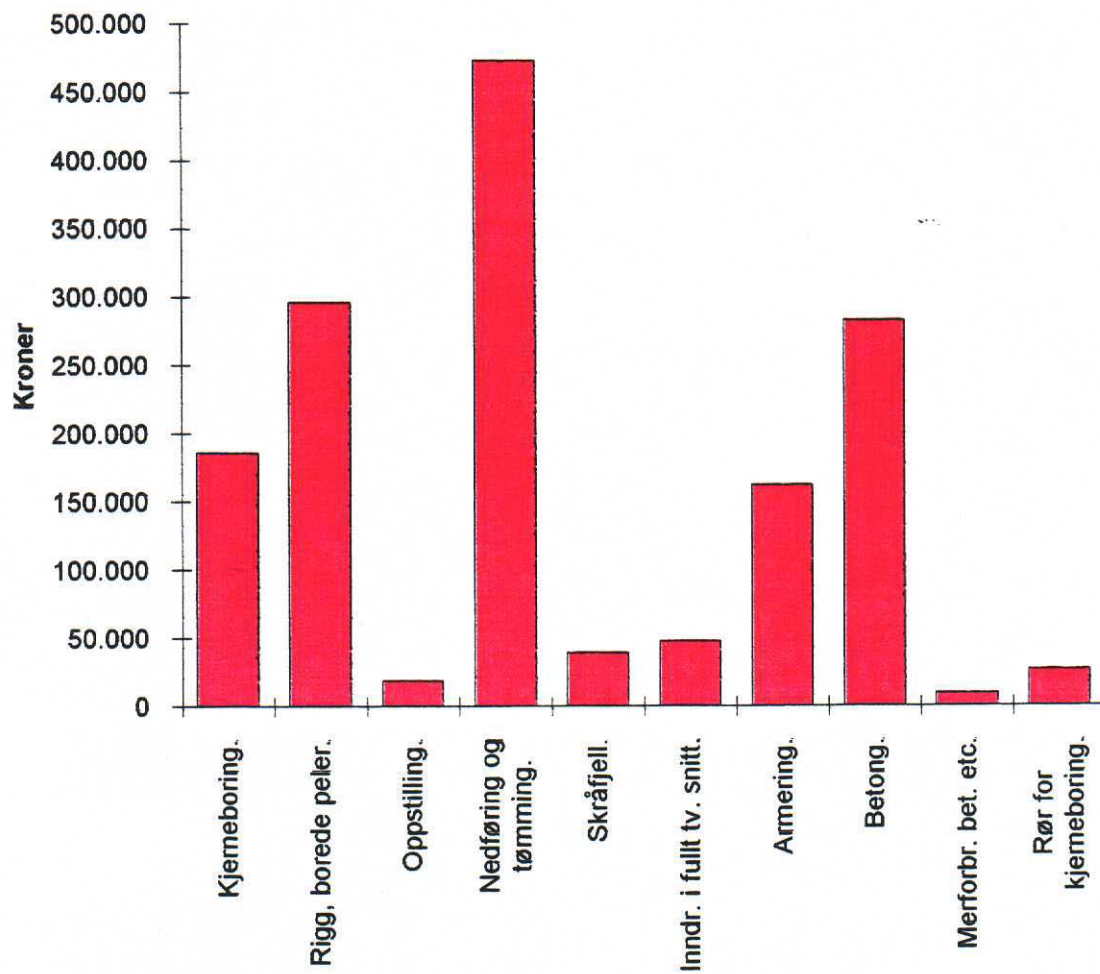
JEG VIL PRESISERE AT DENNE SAMARBEIDSFORMEN IKKE ER I.H.H.T. TIL KONTRAKT, MEN KAN OFTE BLI ET RESULTAT AV DE OVENFOR NEVNTE FORHOLD.

Byggherren er av den oppfatning at Skanska/Evensen og Håka OY gikk inn for å levere produktet i.h.h.t. kontraktens priser og spesifikasjoner. Arbeidene ble dokumentert på en ryddig måte, og medførte en behagelig samarbeidstone under hele anleggsperioden uten usaklige diskusjoner. Eventuelle feil som ble påpekt fra byggherren ble rettet opp umiddelbart.

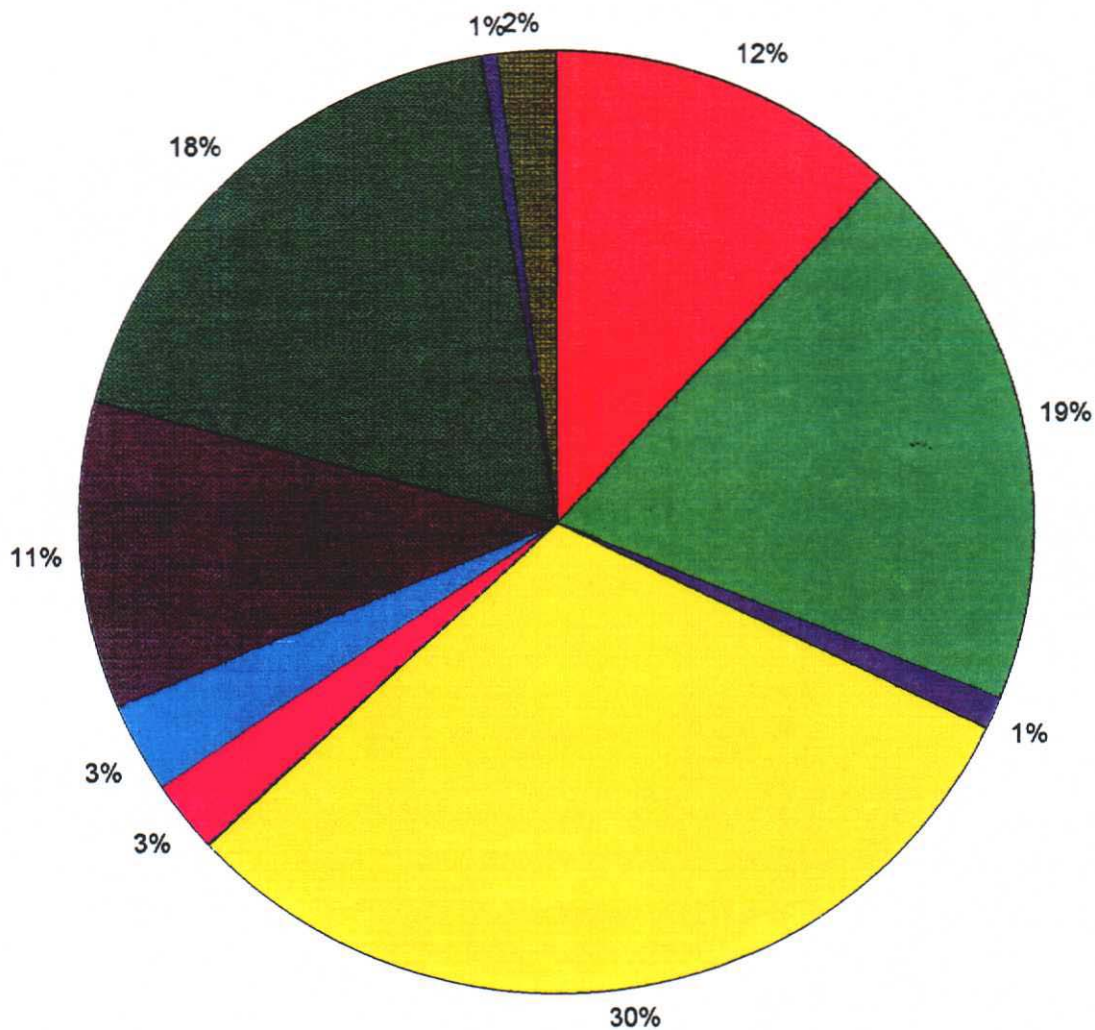
94.09.21. Morten Børresen.



### Kostnader borede peler.



## KOSTNADSFORDELING



- |                     |                           |              |                       |
|---------------------|---------------------------|--------------|-----------------------|
| Kjerneboring.       | Rigg, borede peler.       | Oppstilling. | Nedføring og tømning. |
| Skråfjell.          | Inndr. i fullt tv. snitt. | Armering.    | Betong.               |
| Merforbr. bet. etc. | Rør for kjerneboring.     |              |                       |