

# Rapport nr. 81

Borede peler.

NSB-bru ved Hamang



**Statens vegvesen**  
Vegdirektoratet

oktober 1996

Akershus

# Laboratorieserien, rapport nr. 81

## Borede peler. NSB-bru ved Hamang

### Sammendrag

I forbindelse med utvidelsen av E16 til 4 felt, måtte jernbanebrua over E16 på Hamang forlenges. Brua er fundamentert på 8 stk. borede peler og 4 stk. stålkjernepeler. Denne rapporten omhandler fundamenteringsarbeidene for brua.

Emneord: *Borede peler, grunnundersøkelser, stålkjernepeler, utvasking/betong, kjerneboring*

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

---

Statens vegvesen  
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> . . . . .	3
<i>Grabbing og nedpressing av rør</i> . . . . .	3
<i>Armering</i> . . . . .	4
<i>Støping/betong</i> . . . . .	4
<i>Geometrisk plassering</i> . . . . .	5
<i>Kjerneboring</i> . . . . .	5
<i>Stålkjernepeler</i> . . . . .	6
<i>Utvasking av betong</i> . . . . .	6
<i>Kontrollboringer</i> . . . . .	6
<i>Entreprenøren</i> . . . . .	7



STATENS VEGVESEN AKERSHUS  
Vegkontoret

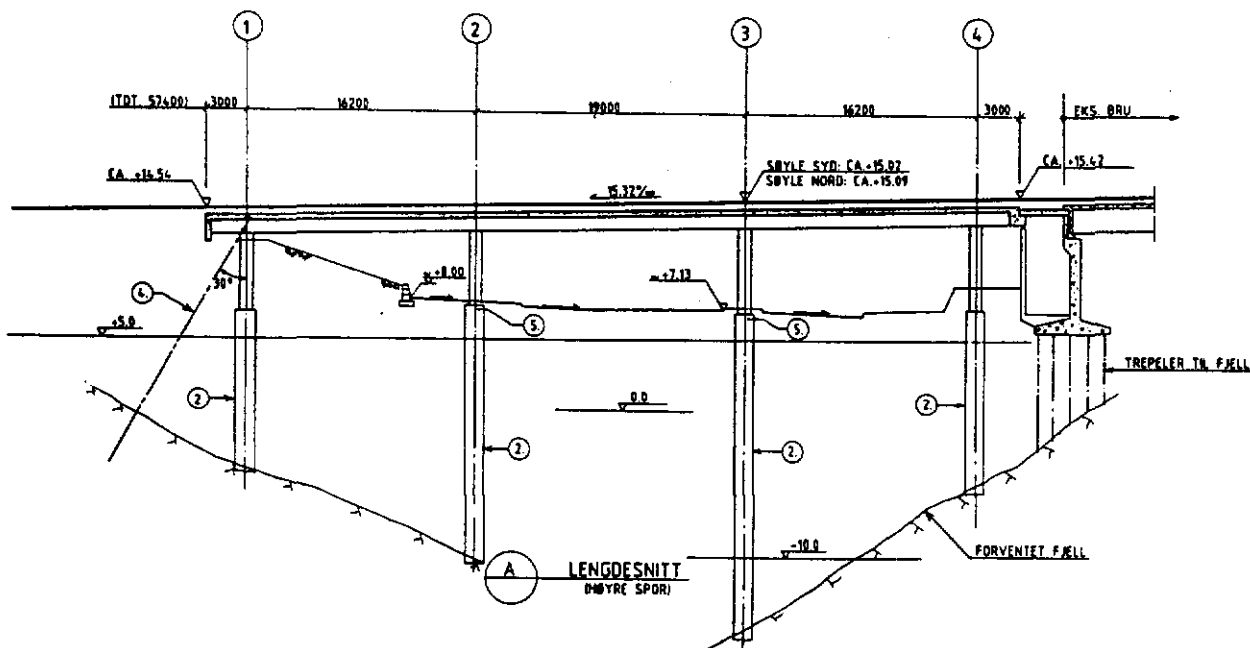
BOREDE PELER. NSB-bru HAMANG.

INNLEDNING:

I forbindelse med utvidelsen av E-16 til 4 felt, måtte NSB-broen over E-16 på Hamang forlenges. For å få kontinuerlig drift på anlegget, ble begge jernbanesporene lagt om på en midlertidig bro over E-16 ved siden av den eksisterende broen.

En forutsetning i anbudet fra Entreprenørservice A/S (forkortet E.S.) var at det måtte settes opp 4 stk. beskyttelsesvegger av stålpunt mellom jernbanesporet og anleggsområdet, en i hver akse. Dette for at entreprenøren skulle kunne jobbe uforstyrret uten tanke på togtrafikk og strømstans. Disse veggene skulle være 8 meter lange og rage 9 meter over terreng. For å tåle belastningene fra peleutstyret ved en evt. ulykke måtte de slås 6 meter ned i bakken. (Tilsammen 15 meter lange spuntnåler.) Etter kontraktsinngåelse vurderte N.S.B. peleutstyret og fundamenteringsmetoden, og ville ha beskyttelsesveggene forlenget til 12 meter. Dette medførte et tilleggskrav fra Entreprenørservice A/S på kr. 125.000.-

Broen ble fundamentert på 8 stk. borede pelar, 2 i hver akse, med en lengde fra 16,72 meter i akse 1 til 37,86 meter i akse 3, og en diameter på 1300 mm. For å oppta horisontalkreftene ble det i akse 1 boret 4 stk. stålkjernepelar på 18 meter med helling på 30°. Disse ble boret 4 meter inn i fjell, og faststøpt.



### GRUNNUNDERSØKELSER:

Bormannskaper fra Veglaboratoriet og laboratoriet på Kjellerbru hadde utført fjellkontrollboringer langs jernbanetraseen for å kartlegge fjellforløpet. Istedet for å utføre sonderboringene på natten med strømstans fra N.S.B, ble det foretatt skråboringer fra hver side av jernbanesporet. Da det er sterkt skrånende fjell i området med lag av morene over fjell, ble disse boringene noe unøyaktige.

Før E.S. startet pelingen utførte de 2 sonderboringer i hvert pilarpunkt for egen regning. Av disse boringene regnet man ut dypeste fjellkote samt skråfjell i hvert pilarpunkt. Det viste seg at fjelloverflaten i akse 4 lå 6 meter dypere, (kote -17) enn det som er beskrevet i geoteknisk rapport. Det står videre at det fra kote -12 og til fjell antas å være relativ fast morene.

Ut ifra geoteknisk rapport kunne ikke E.S. forvente å treffe på dette morenelaget da fjelloverflaten skulle ligge på kote -11 (i pilar 42.) Dessuten var prosessene for meisling og grabbing gjennom harde lag ikke tatt med i kontrakten. I pilar 42 støtte E.S. på steinblokker og morene 9 meter over fjell på kote - 8. Det medførte et tillegg på kr. 42.000.- (tilsvarende meisling og grabbing gjennom harde lag fra kote -12 til -17.), samt en forsinkelse på 1 uke.

Kontrollboringene avslørte også store forskjeller i høyeste og laveste fjellkote i pilarpunktet. Opptil 3,2 meter!! Dette er også nevnt i geoteknisk rapport, men prosesser for sprenging av fjellfot er ikke tatt med i kontrakten. Prosesskoden angir fjellhelling i grupper fra 1 til 7. I kontrakten er gruppe 7 ikke tatt med, selv om man var klar over at det var stor fjellhelling/skråfjell. Kontrakten har dermed ikke priset større helling enn 1.53 meter.

På grunn av mye skråfjell er risikoen for at stålrøret skal skrense langs med fjellet stor, og E.S. foreslo å forbore og sprengte for fjellfot i pilarpunktene. For å sikre kvaliteten ble fjellfoten forsprenget i 6 pilarer. Dette medførte et tillegg på kr. 240.000.-

Ved kontrollboringer i pilarpunktene traff E.S. på store steinblokker i grunnen i akse 1. Prøvegravinger viste at det var sideveggene i en gammel kulvert som hadde blitt nedfylt i forbindelse med utlegging av 2 spor på jernbanen. Denne kulverten ble ikke oppdaget under forundersøkelsene og ikke nevnt i geoteknisk rapport. E.S. utførte masseutskifting i pilarpunktene. Det medførte et tillegg på kr. 13.000.-

### GRABBING OG NEDPRESSING AV RØR:

Ved etablering av borede pilarer trykkes og dreies et stålrør (GH-rør) ned i grunnen av en hydraulisk klemme med en kraft på ca. 35 tonn. 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.

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, som regel vann. Grabbenivået ligger også til enhver tid noen meter over u.k. av GH-røret.

Når røret treffer fjelloverflaten, senkes en tung fallmeisel 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 kontrakten er det anslått totalt 1 meter i fullt tverrsnitt. Dette er alt for lite når man var klar over den store fjellhellingen. For å oppnå god tetting mellom GH-røret og fjell, ble røret dreiet inn gjennomsnittlig 70 cm i

fullt tverrsnitt, isteden for 12 cm som antatt i kontrakten. Dette medførte en masseøkning som utgjorde kr. 330.000.-

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 ejektorpumpe/mammutpumpe.

For å kontrollere rensk av fjellfoten, senkes et spett ned i en wire. God rensk kjennetegnes ved god fjellapell når spettet heves ca. 20 cm og dunkes lett mot fjelloverflaten. På grunn av at lagdelingen i fjellet gikk ca. 60° i forhold til horisontalplanet og bergarten ( leirskifer ) var veldig oppsprukket, ble det store lokale avvik i kotehøydene på en og samme fjellfot, selv etter planmeisling. ( Opptil 25 cm ) Dette har ingen praktisk betydning.

### ARMERING.

Pilarene blir armert med prefabrikerte armeringskurver i lengder på 12 meter. Disse sveiseskjøtes etter hvert som de blir heist ned. ( Omfar 50 Ø ) Krav til overdekning er 70 mm. Dette sikres ved at det sveises på bøyler på lengdearmeringen. I armeringen ble det sveiset fast et utsparingsrør 5 meter over u.k. armeringskurv og helt til toppen av pilaren. Gjennom dette røret kjernebores overgangen mellom betong og fjell for å kontrollere rensk av fjellfot og utstøping av betongen. Armeringen er tidkrevende når den må skjøtes, og på de lengste pilarene der det var 2 skjøter, brukte E.S. 1 dag pr. pilar. ( Inkl. montering av støperør.)

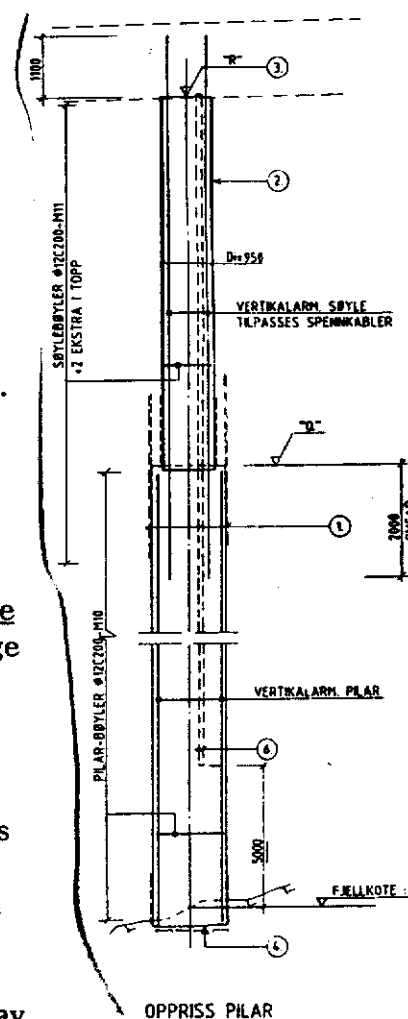
### STØPING/BETONG.

Utstøpingen blir utført som undervannsstøp med støperøret neddykket min. 2 meter i betongen. Betongkvalitet C 55 med natursingel som tilslag. Knust tilslag har lett for å lage propp i støperøret. Samtidig med støpingen trekkes det utvendige stålrøret 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 pilaren 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.

På Hamang skulle undervannsstøpen avsluttes ca. 6 meter under terreng og et permanent 6 meter langt stålrør med diameter 1000 mm med innvendig armeringskurv settes ned i den våte betongen fra undervannsstøpen. Betongen ble derfor retardert ca. 20 timer. Det permanente stålrøret måtte måles inn og midlertidig sveises fast til GH-røret som var dratt opp slik at det ikke ble faststøpt i betongen. Dagen etter, når betongen hadde herdet og søylerøret var faststøpt, ble sveisen mellom søylerør og GH-rør brent vekk og GH-røret dradd helt opp. Søylerøret ble deretter støpt ut.

Vanligvis blir pilarstøpen avsluttet flere meter under terreng med en overstøp på ca. 2 meter. Når pilaren graves fram, kappes den i riktig kotehøyde, og den utvaskede betongen fra undervannsstøpen blir dermed fjernet.



For å være sikre på at betongen i overgangssonen ikke var utvasket, ble det overstøpt med ca. 1 meter. Pilaren ble tømt for vann og betongen i toppen av pilaren ble grabbet ut. Kontrakten beskriver ingen kontroll av denne betongen! S.V.A. tok betongprøver av overgangssonen i alle pilarene. Etter trykkprøving fikk vi undermålere på 2 av pilarene. Det ble boret ut prøver fra begge to og disse ble sendt til trykking på Veglaboratoriet. Sylindrefastheten viste 64,6 MPa.

#### GEOMETRISK PLASSERING.

Kravet til plassering var + - 50 mm i horisontalplanet og et maks. loddavvik på 1%. Dette er skjerpet i forhold til peleveiledningen og prosesskoden der kravet er + - 100 mm og et 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 uten større steinblokker og et erfarent mannskap fra E.S, gjorde at kun 2 pilarer lå utenfor kravet. (Maks. avvik utover teoretisk plassering var 72 mm.) Dette er meget bra.

Faren ved at entreprenøren gjør en god jobb og klarer de strenge toleransene er at man senere kan tro det ikke er noe problem. Resultatene må ikke tolkes slik at denne entreprisen blir et referanseprosjekt når det gjelder toleranser i horisontalplanet.

I kontrakten er det beskrevet GH-rør med diameter på min 1100 mm og søylerør med innvendig diameter på 950 mm. Med en godstykkelse på GH-røret på 35 mm, og et krav til overdekning på armeringen i pilaren på 70 mm, samt armering på Ø25, blir innvendig diameter på armeringskurven i pilaren 840 mm. Det ville da vært praktisk talt umulig å tre søylerøret som har en utvendig diameter på armeringskurven på 870 mm ned i pilararmeringen. Spesielt med tanke på at dette gjøres med en overstøp på betongen på 1 meter slik at pilararmeringen ikke synes.

Da E.S. ikke hadde 1100 mm GH-rør valgte de å bruke 1300 mm. Dette gav mulighet til en liten eksentrisk plassering av søylerør i forhold til pilar slik at samtlige søyler fikk et plasseringsavvik i horisontalplanet på mindre enn 45 mm. ( Samtlige innenfor kontraktens toleranser.)

#### KJERNEBORING:

Alle pilarene ble kjerneboret for å kontrollere at vi hadde god overgang mellom betong og fjell. Det ble ikke oppdaget slam som følge av dårlig rensk av fjellfot i noen av kjernene. Kjernene viser tydelig hvor dårlig fjellet er med helt markerte knusningssoner. Ingen av kjerneborhullene ble injisert med trykk da de allerede var tette, men bare fylt opp med gysemasse med V/C = 0,40.

### STÅLKJERNEPELER:

Pelene ble boret 4 meter inn i fjell. Da pelene skulle oppta strekk ble det frest ut 1 cm dype spor med 2 cm bredde for hver 20 cm i den delen av stålkjernen som skulle faststøpes i fjell. For å kontrollere fjellfestet ble pelene prøvetrukket med en kraft på 1600 kN. Maks. forlengelse ble målt til 14 mm.

### UTVASKING AV BETONG:

Ved kjerneboring av betongen i overgangssonen i pilar 41 ble det oppdaget et område på 70 cm som var delvis utvasket.

( 4,7-5,4 meter fra topp søyle.)

For å konstatere omfanget ble det boret 2 kjerner til, spredt ca. 50 cm i vifteform fra den første kjerneprøven. Prøve nummer 2 viste ingen tegn til utvasking, mens prøve nummer 3 hadde et utvasket område mellom 6,0 og 6,2 meter fra topp søyle. ( Prøve nummer 3 lå nærmest prøve nummer 1.)

S.V.A. kan ikke sette fingeren på evt. feil ved støpearbeidene, da E.S. har fulgt prosesskoden til punkt og prikke. Da det var stor vannføring i området rundt pilar 41, har sansynligvis en "vannsøyle" trengt inn i betongen rett under søylerøret og arbeidet seg opp til overflaten av pilarstøpen i løpet av natten. Dette stemmer bra med kotehøydene hvor utvaskingen er oppdaget.

For å utbedre denne søylen ble det boret 4 stk. 9 meter lange hull med diameter 165 mm fra toppen av pelen rett på innsiden av armeringskurven.

( Ca. 3 meter forbi det utvaskede partiet.) I disse hullene ble det satt ned 4 stk. stålkjerner med diameter 150 mm i hullene lengst sør, og 100 mm i hullene lengst nord. ( For trangt til å sette ned 150 mm.) Som gysemasse ble det brukt Nonset 120.

Reparasjonsarbeidet kan virke noe voldsomt, men Aas-Jacobsen A/S som utførte beregningene antok ingen trykkstyrke på betongen i en lengde på 1,5 meter i hele pilarens tverrsnitt. Man kunne da gå inn å fjerne stålrøret pluss betongen i det svake området for å utføre reparasjonsarbeider samtidig som det var trafikk på brua.

Etter at søylene er gravd frem, vil det bli foretatt horisontale kjerneboringer i det utvaskede området i pilar 41 for å kartlegge skaden mere nøyaktig. Utbedringstiltak vurderes når disse resultatene foreligger.

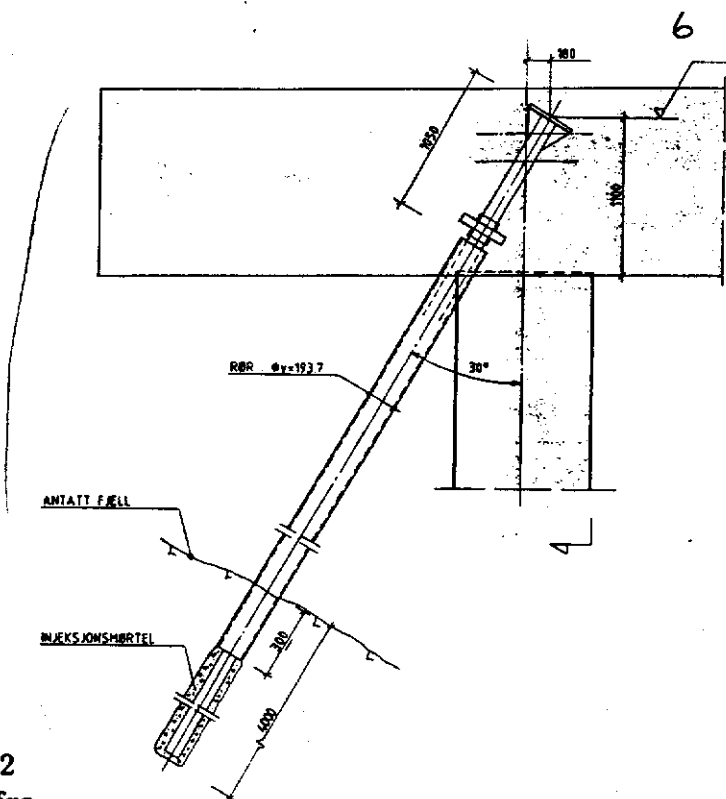
Det er kanskje på sin plass å presisere at pelen har kapasitet til å oppta de belastningene som var forutsatt slik den står idag.

Utbedringene av pilar 41 ble avtalt til RS: kr. 50.000.- ( E.S. tok da ikke betalt for kjerneboringer på tilsammen 18 meter.)

### KONTROLLBORINGER:

På grunn av mye skråfjell i området, rekvirerte S.V.A. ekstra kontrollboringer i 3 av aksene, for å konstatere at det ikke var overheng på fjellet der pelene var fundamentert.

Det ble ikke registrert overheng.





**ENTREPRENØREN:**

På oppstartsmøtet presenterte Entreprenørservice A/S en noe mangelfull kvalitetsplan. Grunnen til dette kan kanskje være at de er vant til å være underentreprenør og derfor støtter seg til hovedentreprenørens kvalitetsplan. Kravet i kontrakten til en kvalitetsplan ble presisert av S.V.A. på oppstartsmøtet. Det ble raskt utarbeidet og levert et utkast til kvalitetsplan som ble revidert fortløpende. Denne kvalitetsplanen burde entreprenøren jobbe videre med.

Entreprenørservice A/S kom ikke med noen urimelige krav, men dokumenterte tilleggene sine på en ryddig måte. Eventuelle feil som ble påpekt fra byggherren ble rettet opp umiddelbart. Disse forholdene var med på å danne grunnlag for en behagelig dialog under hele anleggsperioden.

93.02.03. Morten Børresen.