



Statens vegvesen

E18 Høvik - Frydenhaug Erfaringsrapport fra permanent spunt uten puter

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2524



Region sør
Teknologiavdelingen
Dato: 2008-04-07



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2524

Tittel

**E18 Høvik - Frydenhaug
Erfaringsrapport fra permanent spunt uten puter**

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Grete Tvedt

Dato:

2008-04-07

Saksbehandler

Grete Tvedt

Prosjektnr:

200024

Kontrollert av

Frode Oset

Antall sider og vedlegg:

31

Sammendrag

Rapporten omhandler spuntarbeidene på E18 vei i Lier som er en del av prosjektet ny motorvegbru i Drammen. Veistrekningen er 970 m lang, men på den nordligste enden går veitvidelsen ut i null. Byggeperioden for "Vei i Lier" var 1.4.2004 - 1.6.2005.

Det ble rammet 3 permanente spuntvegger som ble forblendet med betong. Spuntveggene ble avstivet med permanente stag, men det ble ikke benyttet ordinære puter. I stedet ble det benyttet fuglekasser i spuntbukene for å spare plass.

Rapporten tar for seg beregninger og målinger sammenlignet med beregninger. Deretter tar rapporten for seg spesielle kontraktsbestemmelser og erfaring med utførelse av arbeidene med fremdrift, kvalitet, HMS og kostnader.

Summary

Emneord:

Stålpunt , fuglekasse, spunt uten puter, permanente stag, permanent spunt, utførelse av spuntarbeid

Innhold

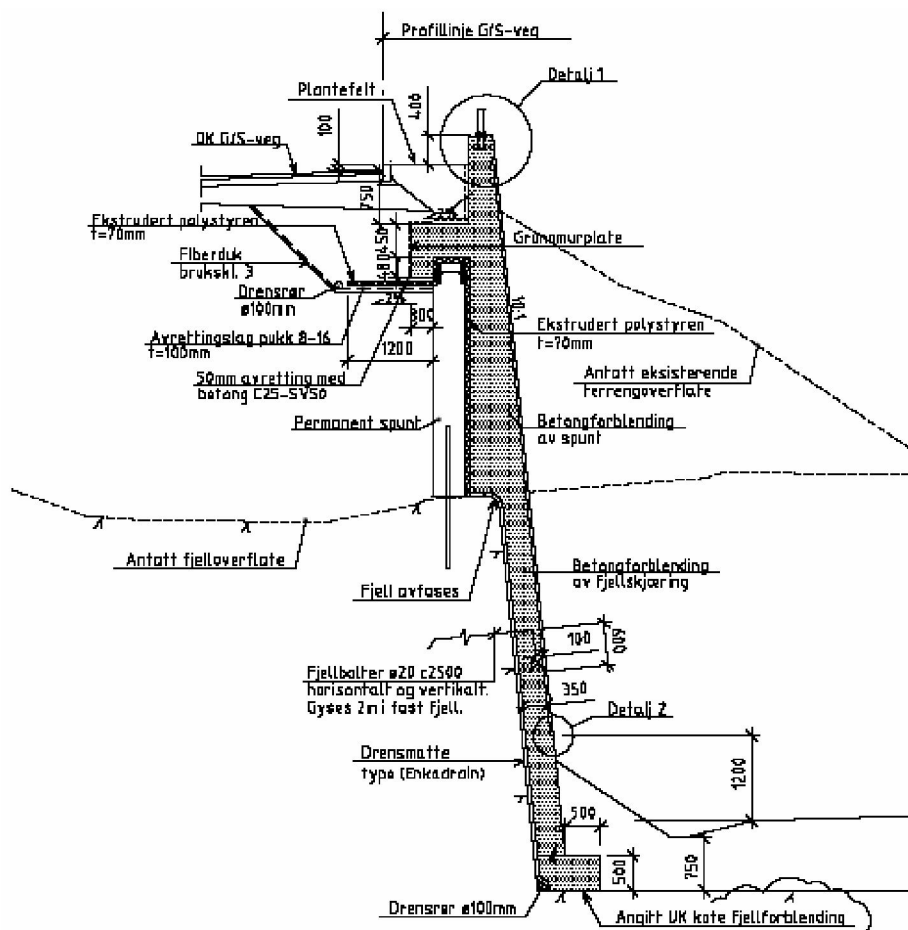
Prosjektbeskrivelse.....	2
Oversikt over grunnforholdene	3
Prosjektering av spunt	3
Trangt mellom veiene – spunt uten puter for spare plass.....	3
Hva er spunt med fuglekasser?.....	4
Spuntens kapasitet uten puter (med fuglekasser)	6
Måling av utbøyninger i horisontal retning.....	7
Tolking av innmålte forskyvninger	8
Sammenligning mellom spunt med puter og fuglekasser.....	11
Spesielle kontraktsbestemmelser	11
Entreprenørens egenkontroll	11
Entreprenørens kontrollplan	11
Arbeidsprosedyrer og sjekklister.....	11
Gode tekster i spesiell beskrivelse for spunt og stagarbeid.....	12
Erfaringer fra utførelse av spuntarbeidene	16
Fremdrift.....	16
Levering og utførelse av stålmateriale	18
Ramming av spunt til fjell	19
Tetting av hull rundt foringsrøret i spunt.....	19
Lekkasjer i foringsrør og fjell.....	19
Byggherrekontroll av oppspenning av stag	20
HMS	26
Kostnader.....	26

Prosjektbeskrivelse

Statens vegvesen har bygget ny motorvegbru over Drammenselva. Prosjektet omfatter en utvidelse av E18 fra to til fire felt og oppgradering av gammel bru. I den forbindelse ble også veien nord for brua utvidet fra to til fire felt. Kommunegrensen mellom Drammen og Lier ligger i nordenden av brua, og prosjektet med utvidelse av veien ble derfor kalt "Vei i Lier". Veistrekingen er 970 m lang, men på den nordligste enden går veiutvidelsen ut i null. Byggeperioden for "Vei i Lier" var 1.4.2004 – 1.6.2005.

E18 ligger her lavt i terrenget, og Brusgårdsvei bru går over E18. På toppen av skråningen ligger gang- og sykkelvei og Teglverksveien, og mange industrilokaler og boliger. Veiutvidelsen krevde både sprenging der det er fjell, og 3 støttekonstruksjoner der det er løsmasse for å sikre gang- og sykkelvei og Teglverksveien.

Støttekonstruksjonene (Figur 1) består av en permanent spuntvegg rammet og fordyblet til fjell. På en østsiden av spunten graves det ut for å bygge E18. Spunten er forankret med stag til fjell. Ved største utgravningsdybde brukes det 3 stager. Stagene er forankret i spuntveggen på en litt uvanlig måte med fuglekasser, uten puter i stagnivå. En H-bjelke på toppen av spunten fungerer tilsvarende som en pute og gir sideveis avstiving. Spuntveggen forblendes med en armert betongvegg som henger på toppen av spunten. Betongveggen hviler også på terrenget. Mellom betongveggen og spunten er det isolasjon, og grunnen er også isolert slik at frosten ikke kommer bak spuntveggen.



Figur 1 Spunt forblendet med betong
(Tegningen er forenklet ved at det permanente staget ikke er tegnet.)

Det ble bygget 3 støttekonstruksjoner:

Mur 1 går fra pr 2364 til pr 2564 der det var spunt bak fra pr 2385 til pr 2508, dvs at muren er henholdsvis 200 m lang og den forblendete spunten 123 m lang. Murhøyden stiger fra 2,0 m i syd til 11,0 m i nord.

Mur 2 går fra pr 2648 til pr 2826 der det var spunt bak fra pr 2730 til pr 2826, dvs at muren er henholdsvis 178 m lang og den forblendete spunten 126 m lang. Muren er dels forblending av spunt og dels av fjell. Muren er jevnt over ca 5,2 m høy.

Mur 3 går fra pr 2554 til pr 2765 der det var spunt bak fra pr 2635 til pr 2765, dvs at muren er henholdsvis 211 m lang og den forblendete spunten 130 m lang. Muren går oppe langs Teglverksveien og er dels fundamentert på løsmasse og dels på fjell. Der det ikke er forblending av spunt er muren relativt lav, mindre enn 1,7 m høy. Der muren forblender spunten er den på det høyeste 4,9 m høy.

Oversikt over grunnforholdene

Grunnundersøkelsene viser at det er overkonsolidert leire ned til 6 m dybde. Videre nedover under dette er det normalkonsolidert leire. Grunnvannsstanden er antatt hydrostatisk fra 2,0 m under terreng.

Jordas tyngdetetthet $\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$ i hele profilets dybde.

0 – 4 m dybde: $s_{uD} = 60 \text{ kPa}$ $G_{50} = 100$ s_{ud}

4 – 6 m dybde: $s_{uD} = 30 \text{ kPa}$ $G_{50} = 100$ s_{ud}

> 6m dybde: $s_{uD} = 0,22p'_o$ $G_{50} = 100$ s_{ud}

$s_{uA} = 0,33p'_o$

$s_{uP} = 0,11p'_o$

Der : s_{uD} , s_{uA} , s_{uP} er udrenerte skjærstyrke henholdsvis direkte, aktiv og passiv
 G_{50} er G-modul for leira.

Prosjektering av spunt

Trangt mellom veiene – spunt uten puter for spare plass

Det er trangt mellom E18 og Teglverksveien, og det var et landskapsmessig ønske om å bygge betongveggen i to etasjer, slik at det ble et åpnere landskap enn det en 11 m høy betongvegg gir. For å få plass til 2 vegger med et grønt areal mellom måtte betong- og spuntkonstruksjonen minimeres i bredden. Spunten ble dermed prosjektert med stag i spuntbukken og puten ble kuttet ut. Puten og staghodet bygger ca 50 cm.

Det kan diskuteres om en ved noen annen konstruktiv oppbygging av betongmuren kunne ha spart inn mye av det staghodet og puten bygger.

Andre prosjekteringsforutsetninger

- Støttekonstruksjonslevetid er 100 år
- I permanent fase forventes tosidig korrosjon
- Korrosjonsmonn: (0,03 mm/år, dvs 2x3mm = 6 mm etter 100 år)
- Støttekonstruksjon langs E18 betraktes i skadekonsekvensklasse alvorlig
- Bruddmekanisme i jord betraktes som seig
- Krav til materialkoeffisient for jordparametere: $\gamma_m = 1.4$ ($\gamma_m = 1,0$ i ulykkesgrensetilstand)

- Krav til material koeffisient for stålparametere: $\gamma_m = 1,15$ ($\gamma_m = 1,0$ i ulykkesgrensetilstand)

I forbindelse med korrosjon på spunten foretok vi en litteraturstudie angående korrosjonshastigheter. Det fulle resultatet av dette er vist i Teknologirapport nr 2453. Det var spesielt korrosjon i luft som vi har lite erfaring med i Norge, og som vises i utdrag i tabell 1.

Litteratur	Miljø mot spunten	Ensidig korrosjonshastighet
Elektrokemi og korrosjonslære av Einar Mattson (1992)	Landatmosfære Kystatmosfære By- og industriatmosfære	0,005 – 0,01 mm/år 0,01 – 0,03 mm/år 0,01 – 0,06 mm/år
Piling handbook Seierstad/ British Steel (feb 97)	Uforstyrret naturlig jord Vanlig atmosfære (ved høy forurensing må det vurderes spesielt) Under sjøbunn Sjøvann under tidevannssonen Tidevannssonen (akselererende korrosjon kan oppstå, og inspeksjoner anbefales) Sprutsonen for bølger	0,015 mm/år 0,035 mm/år 0,015 mm/år 0,035 mm/år 0,035–0,075 mm/år 0,075 mm/år
Miljøtunnel Horten ¹⁾ (2004)	Uforstyrret naturlig jord (siltig leire) på en side og luftrom dekket med isopor og betong på den andre siden.	Tosidig korrosjon: 0,1 mm/10 år

1)

Vegdirektoratet har målt spuntverrsnittet i miljøtunnelen i Horten for å få erfaring med korrosjon av permanent spunt. Spuntten ble målt i oktober 1993 og mai 2004, og i løpet av den perioden på ca 10 år har spuntten korrodert 0,1 mm. Spuntverrsnittet har større variasjon enn det som er målt i korrosjon. Grunnforholdene er siltig leire uten innslag av humus.

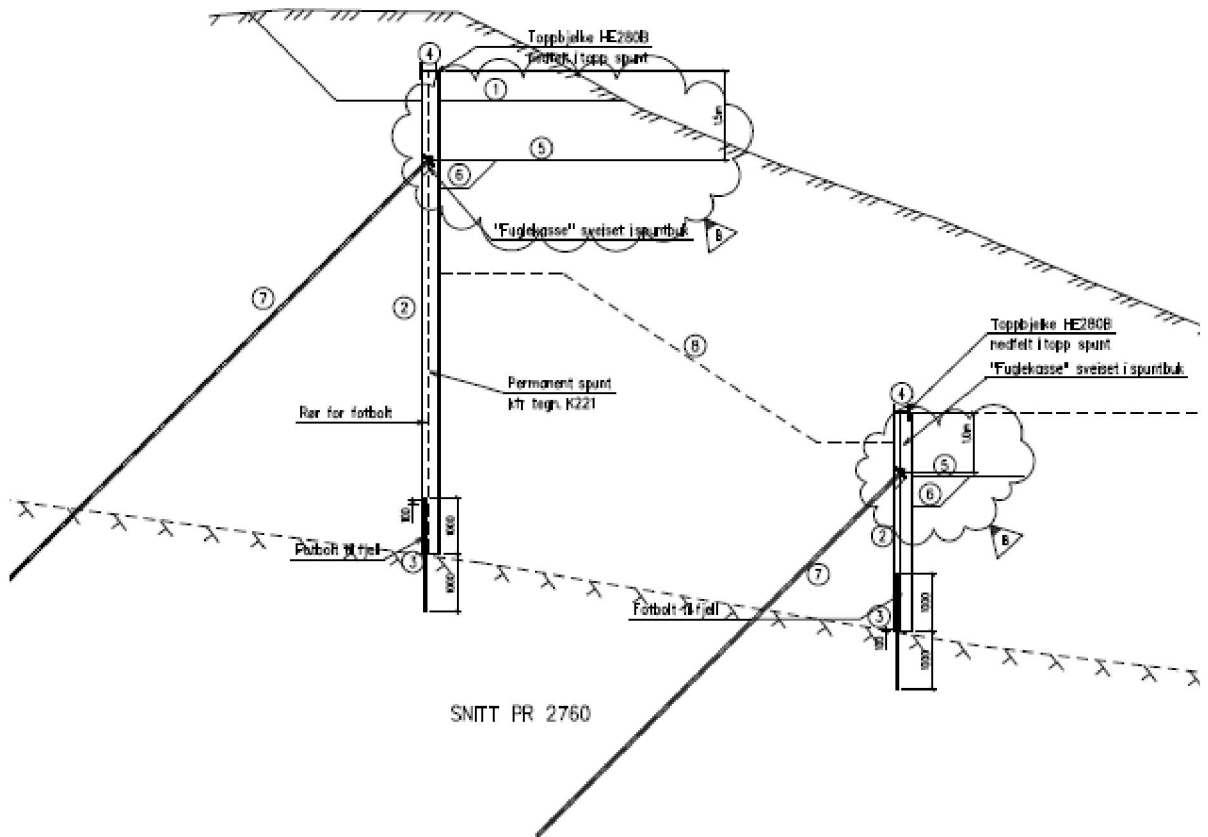
Tabell 1. Korrosjonshastighet gitt i ulike litteratur

Hva er spunt med fuglekasser?

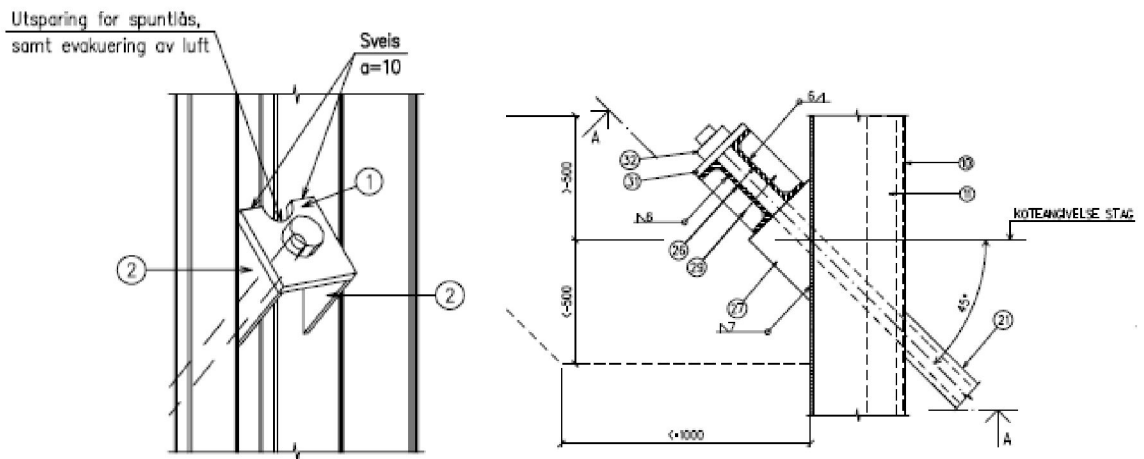
Standard spunt med stag forankret i fjell er utformet slik at stagene står i 45° vinkel med vertikalaksen og har anlegg mot en pute av 2 stk U-bjelker. Puten overfører kreftene og momentene horisontalt over spuntlåsene, slik at spuntten kun tar kreftene og momentene vertikalt. En detalj av en standard spunt er vist til høyre i tegning i figur 3.

En spunt med fuglekasser har ingen kontinuerlig pute, men staget settes i spuntbukene i 45° vinkel med vertikalaksen. Staghodet har anlegg på stålplater montert på trekantkneker. Disse ser ut som fuglekasser, derfor det betegnende navnet.

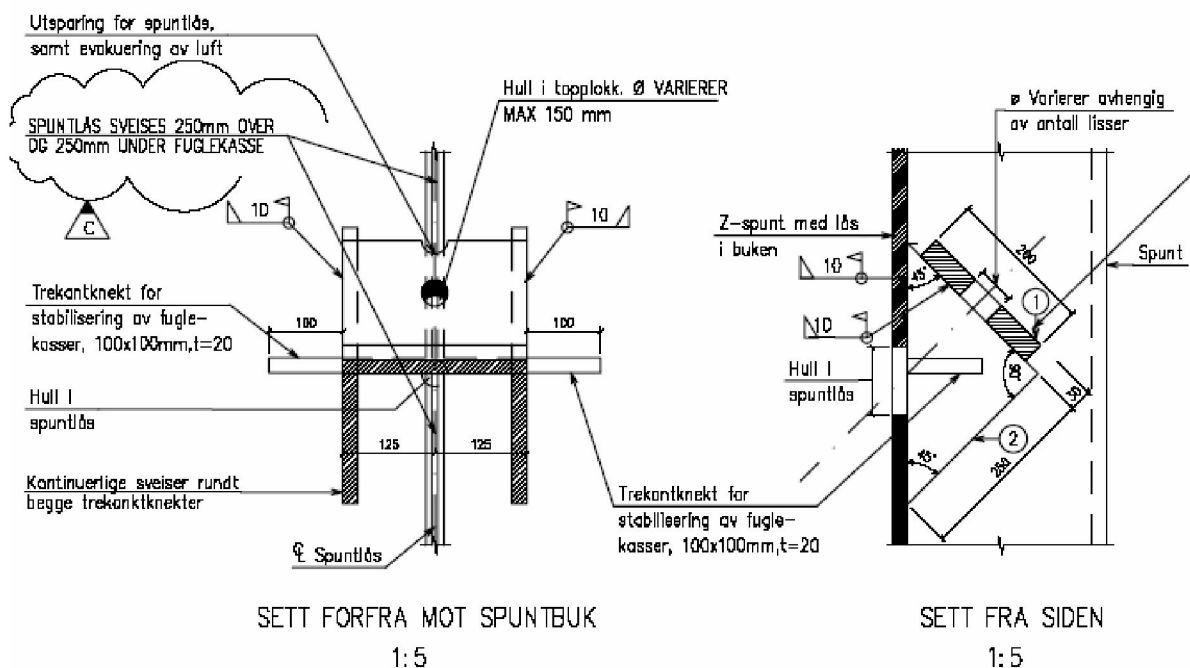
For å få overført krefter og momenter horisontalt blir det til erstatning for puter montert toppbjelke, sveist låser i underkant av staghodene og monter plater i spuntbukene.



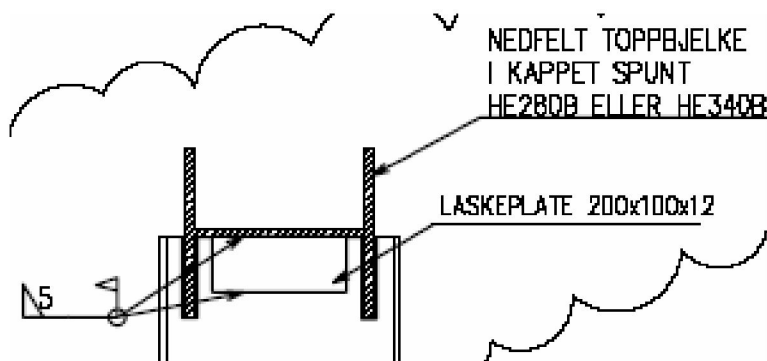
Figur 2. Snitt av fuglekassespunt i 2 etasjer



Figur 3. 3-dimensjonal skisse av fuglekasse og tegningsdetalj av ordinær spunt med pute



Figur 4. Detaljer av utforming av fuglekasse



Figur 5. Detalj av nedfelt toppbjelke (erstatning for pute)

Spuntens kapasitet uten puter (med fuglekasser)

Samvirke jord-struktur analyse er utført for vertikal snitt langs spuntveggen i plantøyning tilstand ved hjelp av programmet VEGG.

Resultatene fra Vegg analysene er betraktet som referanseverdier for dimensjonering av spunt. Avvik fra disse referanseverdier er vurdert med hensyn til løsning med fuglekasser. Forankring av stag i spuntvegg gjennom fuglekasser påfører spuntlåsen en konsentrert last i motsetning til plan tøyningstilstand.

En effekt av stagforankring med fuglekasser er at spuntlåsene mellom stag er ikke støttet av pute og dette medfører at spuntlåsen er utsatt for utbøyning i horisontal retning. I den retning har spuntveggen lite bøyestivhet og momentkapasitet slik at både utbøyninger og momenter ble vurdert, og bøyekapasitet og strekkapasitet i låsene måtte verifiseres.

Det ble foretatt beregninger med et stagmønster med vekslende stagnivå. (Dvs: I stegrad 1 og var det stag i nål 1 og 3, og i stegrad 2 var det stag i nål 2 og 4.) Da det var vanskelig å

verifisere momentkapasiteten over låsene, ble det til slutt valgt å sette stagene rett over hverandre og tettere.

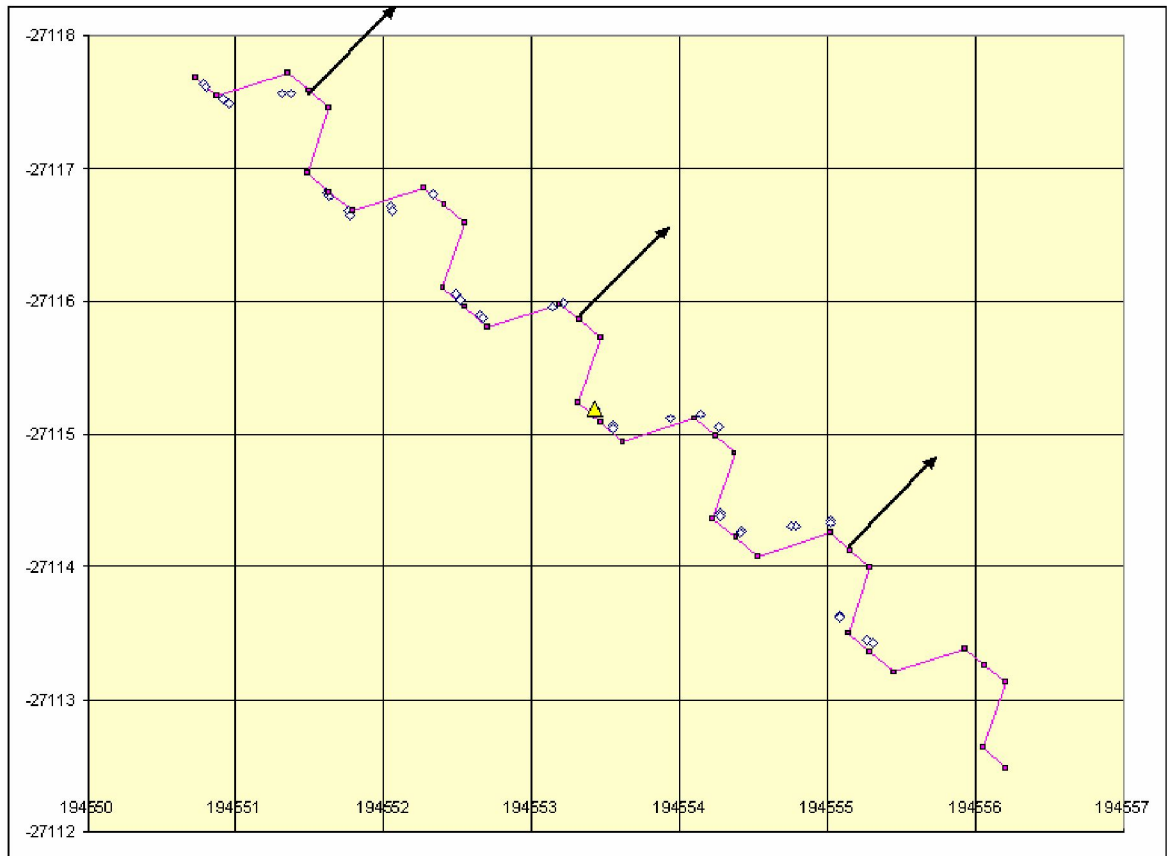
En annen effekt av en slik påføring av stagkreftene på spuntveggen er at spuntnålene med stag vil ha mindre utbøyninger enn nålene mellom stag. Dette medfører en fordeling av jordtrykk bak spunten med større intensitet mot nålene med stag enn mot nålene mellom stag ("bueeffekt"). Bueeffekten er et kjent fenomen i korttidstilstand, men den er mer usikker i langtidstilstand. Det er den samme effekten som tas i bruk når vi regner med K_A i stedet for K_0 .

Med hensyn på ovennevnte effekter av løsning med stagforankring uten puter ble det bestemt og utført kontroll av utførelse og oppførsel av spuntveggen gjennom deformasjonsmålinger.

Måling av utbøyninger i horisontal retning

I området med største dybde til fjell ble det utført målinger av horisontale utbøyninger i et vertikalt snitt langs spuntveggen ved hjelp av inklinometer og påklistrete målepunkt av refleks. Inklinometerkanalen ble montert på spunten før nedramming, og den viser bevegelse av spunten i et vertikalsnitt fra start til slutt. Reflekspunktene er montert suksessivt etter som en har gravd seg nedover. Målingene av de øverste reflekspunktene viser derfor bevegelsene fra nedgraving til første stegrad til oppspenning av siste stegrad. Men målingene av refleksene på 2. stegrad viser kun bevegelser fra nedgraving fra 2. stegrad til 3. stegrad.

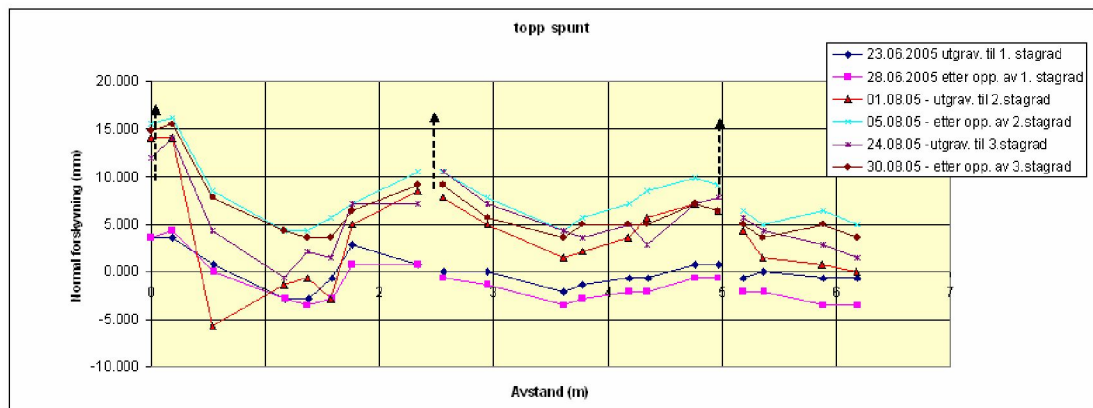
Plassering av reflekspunkter og inklinometerkanalen er vist på Fig.6. Som man ser på Fig.6, er det noen uoverensstemmelser mellom x og y koordinater av målepunktene og spuntgeometri. Dette skyldes ikke bare måleunøyaktighet (ca ± 2 mm), men også små relative rotasjoner av nålene i forhold til teoretisk spuntaksen og sammenpressing av nålene. Målepunktene ligger i forskjellige dybder fra spunttoppen og koordinatene kan også inkludere små initiale utbøyninger /helning av spuntveggen.



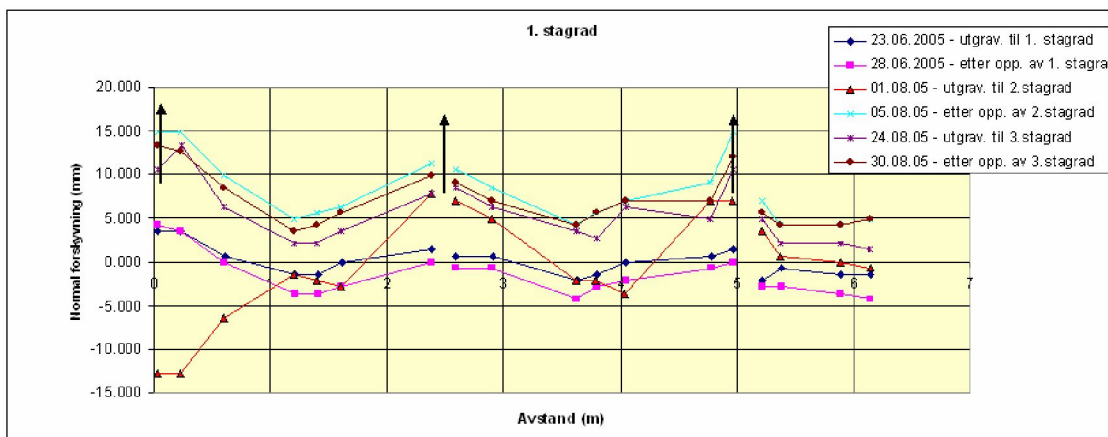
Figur 6. Plan av området med målepunkter, inklinometerkanal og plassering av stag i første rad.

Tolking av innmålte forskyvninger

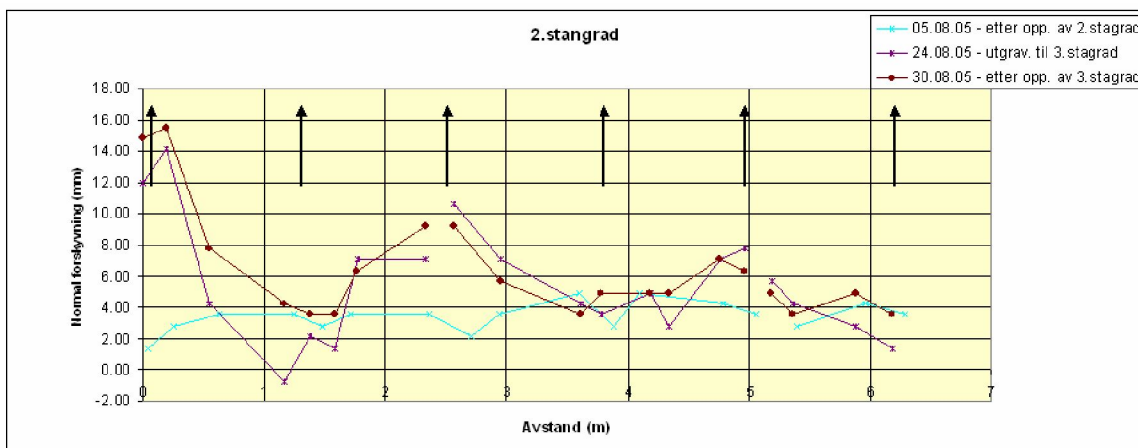
For å kunne tolke resultatene fra målinger er horisontal forskyvningene i x- og y-retning, komponert for å beregne horisontal forskyvning i retning normalt på spuntaksen (ca 45° fra x-aksen), Fig.6. Målte horisontale forskyvninger normalt på spuntaksen er presentert i Fig. 7, 8 og 9 for henholdsvis nivå topp spunt, 1. stegrad og 2. stegrad. Avstanden er beregnet fra målepunkt 31 (første målepunkt til venstre i Fig.7). Horisontalt målte forskyvninger er presentert i fig. 7, 8 og 9 kan ses på som forskyvninger av spuntaksen i normalretningen, og de gir en indikasjon om størrelsen på bueffekten som følge av stagforankring uten pute ("Fuglekasse-løsning").



Figur 7. Horisontale forskyvninger ved topp spunt.



Figur 8. Horisontale forskyvninger ved 1. stag rad

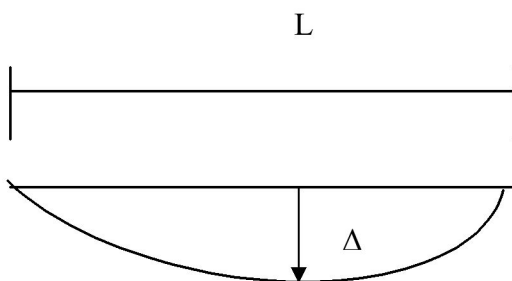


Figur 9. Horisontale forskyvninger ved 2. stag rad.

Nivå	Utgravning til 2.stag rad	Etter oppspenning av 2. stag rad
Topp spunt	0.7	0.3
1.stegrad	0.5	0.4
2.stag rad	0.5	0.4

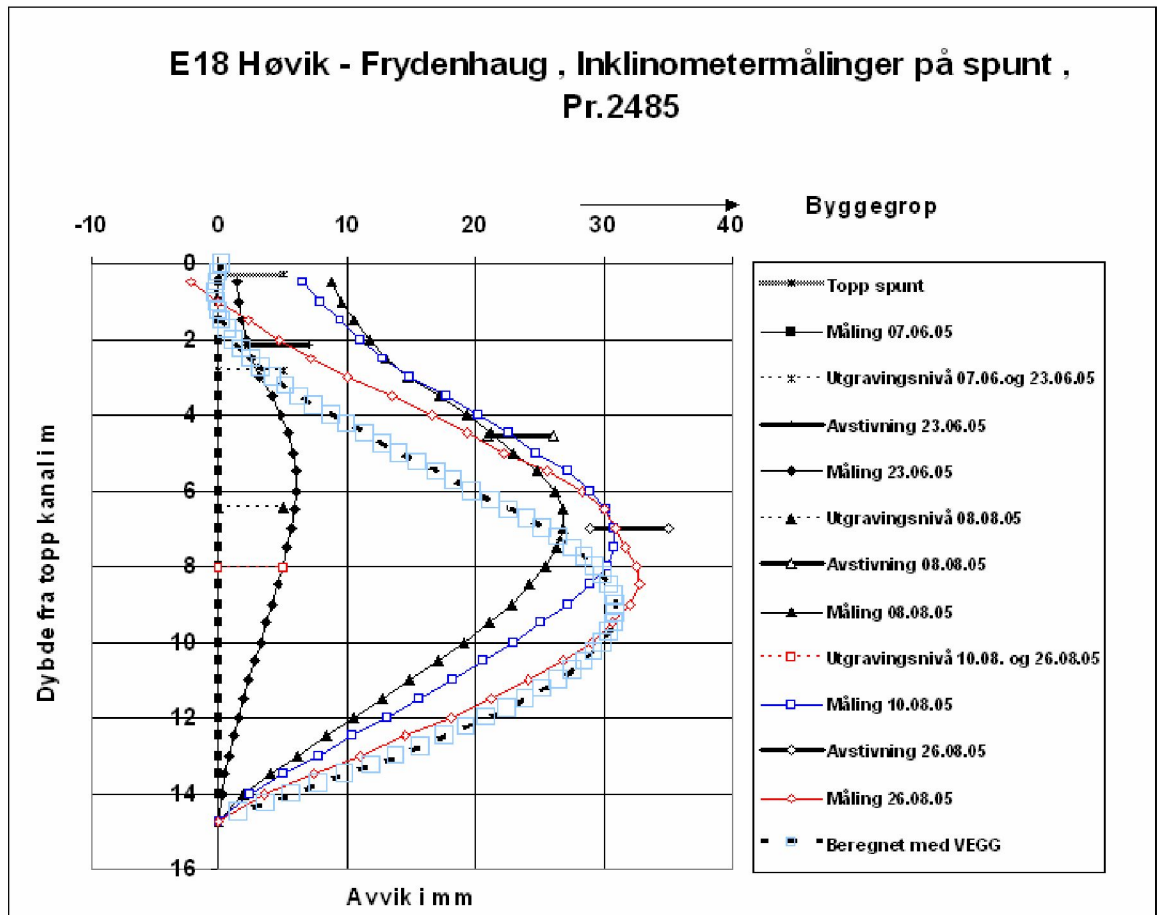
Tabell 2. Målte relative utbøyninger, Δ/L (%)

Målte verdiene av forskyvninger normalt på spuntveggen viser at relative utbøyninger, Δ/L , (se Fig.10) varierer med arbeidssekvensene og utgravningsdybde. Maksimal verdier registreres etter utgravning til 2. stag rad der den er opp til ca. 1 %, se tabell 2.



Figur 10. Relativ utbøyning

Som ledd i arbeidet med å påvise bueffekten, ble det utført elementanalyser med PLAXIS. Resultatene fra disse analysene har vist at man kan forvente relative utbøyninger (Δ/L) i størrelsesorden 1 til 5 % når stagavstanden er 2,5 m.



Figur 11 Spuntutbøyninger ved inklinometerkanal (punkt 3) sammenlignet med beregnede verdier i siste fase ("Beregnet med VEGG")

Stagene i 1. stagrad står i annen hver spuntbuk dvs. med senteravstand på 2,52 m, men i 2. stagrad står i stagene hver spuntbuk dvs. med senteravstand på 1,26 m, og dermed vil bueffekten i 1. stagrad dels tas opp av toppbjelke og dels tas opp av stagene i 2. stagrad som står med halv avstand.

Tilsvarende utbøyninger i horisontal retning langs en vertikal snitt i profil 2485 målt ved inklinometerkanal nr.3 er vist på Fig.11. Figuren viser også for sammenligning, de beregnede verdier ved hjelp av programmet VEGG, for siste arbeidssekvens hvor bueffekten på grunn av fuglekasse-løsning er tatt hensyn til. Maksimal utbøyning målt med inklinometer er ca. 33 mm mens maksimal utbøyning i siste arbeidssekvens (ikke permanent tilstand) er ca 30 mm. Man kan konkludere at målingen stemmer relativt godt med beregnede verdier.

I dybden over nedre stagrad er de målte forskyvningene ca. 5 – 8 mm større enn de beregnede. Det kan indikere at beregningsmodellen ikke ivaretar lastsituasjonen tilstrekkelig i dybden. Men det kan heller ikke utelukkes at kreftene i stagene ikke er lik de teoretiske, da vi ikke har målt staglastene med staglastmålere.

Tolkning av målte forskyvninger viser at spuntforskyvninger ikke overstiger de forskyvningene som var beregnet i prosjekteringsfasen.

Sammenligning mellom spunt med puter og fuglekasser

Rådgiver brukte mye ressurser og avanserte beregningsmetoder for å verifisere spunt med 3 stagnivå uten puter. Det var mange diskusjoner om hvordan momentkapasiteten ble ivarettatt over spuntlåsen. Toppbjelken overførte momentkapasiteten i 1. stagrad, men i 2. og 3. stagrad ble løsningen å sette stagene tettere, da det ikke ble verifisert hvordan låsene tok vare på bøyekapasiteten.

Ved bruk av fuglekassespunt må derfor stagene stå tettere enn ved bruk av standard spunt med pute. Vi vil senere se på den kostnadmessige betydningen av dette valget.

Spesielle kontraktsbestemmelser

Statens vegvesen har ønske om å være en profesjonell byggherre, og vi er aktivt med i byggeprosessen der byggemøte er vårt viktigste forum. Da vi utarbeidet kontrakten for fundamenteringen, la vi inn kontraktsbestemmelser som ga Statens vegvesen styringsrett på essensielle punkt.

Entreprenørens egenkontroll

I kontraktens krav står det at entreprenøren skal gjennomføre egenkontroll som skal sikre at utførelsen er i henhold til kontraktsdokumentene. For hver mangelfullt utført egenkontroll/dokumentasjon iht. kontraktsdokument/kvalitetsplan trekkes entreprenøren kr 3000,-. Slutfakturaen utbetales ikke før entreprenørens fullstendige egendokumentasjon foreligger.

Vi har ikke benyttet boten på kr 3000,- men den er blitt trukket fram for å få dokumentasjonen noe raskere oversendt til byggherren.

Entreprenørens kontrollplan

Kontrollplanen for arbeidet skal vise for hver prosess: arbeidsoperasjon, kravhenvisning, anbudsmengde, krav pr enhet, prøveomfang, utførte prøver, ikke utførte prøver, toleranser, antall utenfor toleranse, henvisning til avviksmelding, arkivreferanse og godkjenning.

Entreprenøren hadde et godt system for dokumentasjon av levering av spunt og stag, ramming og montering av stag.

Entreprenøren dokumenterte også stagforlengelse ved oppspenning, men stagoppspenningskurver ble ikke tegnet opp. Avvik ved for stor stagforlengelse ble ikke rapportert, og Statens vegvesen måtte avdekke disse avvikene selv.

Arbeidsprosedyrer og sjekklister

I kontrakten er det beskrevet:

”Entreprenøren skal utarbeide arbeidsprosedyrer for alle arbeider. Hensikten med arbeidsprosedyrer er at entreprenøren før oppstart kan dokumentere at arbeidsoperasjonene er gjennomtenkt og planlagt slik at alle kvalitetskrav kan overholdes. Det skal dokumenteres at den som skal utføre jobben er gjort kjent med prosedyren. Arbeidsoperasjonene dokumenteres med sjekklister.

Sjekklister oversendes byggherren fortløpende for alle arbeider. Entreprenøren skal fremlegge kopi av sjekklister ved viktige milepæler før videre arbeid kan startes.

All nødvendig og planlagt dokumentasjon ut fra kravene i kontrakten skal foreligge før den gitte aktivitet kan påbegynnes. Byggherren kan nekte oppstart eller stanse aktivitet hvor ikke tilstrekkelig prosedyre/arbeidsbeskrivelse foreligger, eller hvor entreprenøren ikke etterlever kontraktens krav til kvalitetssikring.”

Ved spesialarbeid som spunt har vi god erfaring med å få oversendt arbeidsprosedyrer i god tid i forkant av at arbeidene starter. Byggherren går gjennom prosedyrene og vurderer om alle kontraktens krav er innfridd, og gir tilbakemelding om eventuelle uklarheter eller avvik. Deretter har byggherren og entreprenøren et oppstartsmøte hvor en tar en gjennomgang av de reviderte arbeidsprosedyrene slik at alle parter har samme forståelse av arbeidsgangen.

Gode tekster i spesiell beskrivelse for spunt og stagarbeid

I håndbok 26 (prosesskode-2) fra 1996 er spunt- og stagbeskrivelsen svært begrenset. Vi hadde god erfaring med den spesielle beskrivelsen i denne kontrakten, og gjengir derfor noen av tekstene. Vi har deretter sammenlignet med ny prosesskode fra 2007 for å se om kravet er ivaretatt der, og gitt kommentarer i forhold til utførelse.

83.6123 Påsveising av rør på stålspunt:

Rør for fordyblingsbolter plasseres i begge hjørnene inne i spuntbuk.

Røret skal avsluttes 50 mm over nedre ende av spuntnålen. Røret skal ha innvendig diameter min. Ø100 mm. Røret skal ha betongpropp med lengde 100 mm i nedre del

Kommentar til tekst: Nytt prosessnummer i ny prosesskode 83.6132 dekker denne teksten delvis. Vi valgte å ha to rør i hver buk som en sikkerhet på grunn av skrått fjell og mulighet for gliper. I tillegg var det en sikkerhet ved bruk av fuglekassespunt med mindre horisontal bæring.

83.61242 Fjellfeste med bolter/fordybling:

Fordyblingsboltene skal ha lengde 2,0 m. Boltelengden i fjell skal være 1 m. Det skal benyttes fotbolter Ø60, Ø70 og Ø80 mm med flytespenning henholdsvis minimum 350N/mm² og 650N/mm². Fasthetskrav til gysemørtelen for fordyblingsbolter er B30.

Til omstøpning skal det benyttes omstøpningsmasse med v/c forhold <0,40, og de tilsetningsstoffer den utførende finner nødvendig for å oppnå et godt resultat med hensyn til retardasjon, flyteevne og ekspansjon. Resept for mørtelen og bruk av tilsetningsstoffer skal avtales med, og godkjennes av byggherren.

Det skal utføres prøveblandinger i henhold til Norsk Betongforenings Publikasjon nr. 14, i god tid før monteringsarbeidet starter. Det skal også dokumenteres fasthet på mørtelen, og at den er tilpasset den tid det tar for installasjon av dybler. Under boring for fordyblingsbolter skal fjellkote og bunnkote i boret hull registreres. Glippe mellom spunt og fjell registreres. Glipper over 100 mm varsles byggeherren. Det skal settes 1 og 2 bolter pr buk, kfr. tegning. Byggherren bestemmer evt. om det skal settes ekstra bolter i enkelte buker. Umiddelbart før innstøpning av bolt skal hullet spyles rent og det skal kontrolleres at bolten lett kan føres ned til bunnen av hullet.

Mørtel fylles fra bunnen av hullet i mengden tilsvarende en høyde av minst 1,0 m over underkant spuntnål før bolt senkes ned og trykkes på plass. Det skal kontrolleres at overkant bolt er i korrekt nivå.

Det skal føres rapport for samtlige fordyblingsbolter. Rapporten skal vise spuntnål nr. i henhold til rapport fra spuntrammingen, kote spuntfot, kote fjell i henhold til boring for fordyblingsbolter, boltedimensjon og stålkvalitet, dato for gysing samt eventuelle spesielle forhold som kan være av interesse for vurdering av boltens kapasitet.

Byggherren varsles 2 dager før setting av bolter.

Kommentar til tekst: Nytt prosessnummer i ny prosesskode 83.6141 dekker denne teksten i stor grad. Stålkvalitet og flytespenning må oppgis i spesiell tekst. Entreprenøren boret og satte dybler fortløpende uten å varsle byggherren om glipestørrelsen. Vi hadde en dialog på endret stålkvalitet når glipen var større enn 10 cm. Men glipen på et foringsrør kunne også påvirke dybelen på naborørene, og fra byggherrens side var det lite ønskelig at dyblene ble satt før byggherren/rådgiver hadde foretatt en vurdering.

83.692 Sveising av spuntlåser:

Prosessen omfatter tetting av spuntlåser ved sveising for permanent spunt fra bunn utgraving til topp spunt. Sveising ved "fuglekasser" (under alle stag L=500mm) er inkludert i prosessen for fuglekasser. Sveis a=10 mm.

Prosessen omfatter kontinuerlig sveising av spuntlåser ved lekkasje eller i områder angitt av byggherren. Prosessen bestilles av byggherre.

Mengden måles som utført tetting av spuntlåser ved sveising, regnet som meter tetting fra bunn til topp av sveis, uavhengig av type spunt lås, antall sveisesømmer, bruk av flattstål mv

Kommentar til tekst: Nytt prosessnummer i ny prosesskode 83.6151 dekker denne teksten delvis. Prosessen kom ikke til utførelse da vi ikke hadde lekkasje gjennom spuntlåsene.

83.693 Levering og montering av fuglekasser

For detaljering av fuglekasse se tegninger. Fuglekassene består av 2 stk trekantknekter, rettvinklede ikke buede med sidekanter på 250 mm. Godstykkelse 20 mm. Topplate, kvadrat med sidekant 250 mm. Godstykkelse 30 mm. Alt stål av kvalitet 355J2G3.

Det bores hull i senter av topp-plate med diameter varierende 50-90 mm avhengig av størrelsen på staget, dvs hvor mange spenntau som skal tres gjennom hullet. I topp fuglekasse skal det lages sliss for evakuering av luft ved utstøpning, alternativt kan dette utføres med gyseslange. Topp-plate sveises til trekantknektene med kilesveis a=10 mm på begge sider av hver trekantknekt. Kassene skal forsterkes med trekantknekter 100 x 100 x 20 mm, som også inngår i leveransen. Fuglekassen sveises til spuntbuk (innerbuk) slik at Z-spuntens lås ligger midt mellom trekantknektene. Det benyttes også her kilsveis a=10 mm på begge sider av hver trekantknekt.

Under fuglekassen skal spuntlåsen sveises, sveis a =10 mm med en lengde på 500 mm. Prosessen omfatter også beskyttelse av lisser under sveising. Fuglekassene støpes inn. Valgfri forskalingshud. Forskaling kan bli stående.

Kommentar til tekst: Prosessen er ikke med i ny prosesskode da det er et specialelement. Prosessen burde vært delt i to underprosesser, en for stålarbeider og en for betongarbeider da det er to ulike entreprenører som utfører de to jobbene. Utførelse av fuglekasser utførte entreprenøren bra. Topplaten var for tynn (underdimensjonert) for de største stagenene, og der bestilte vi derfor en dobbel topplate.

83.7552 Boring av foringsrør i løsmasse:

Prosessen inkluderer hulltaking i spunt og innboring av foringsrør i fjell. Foringsrøret skal bli stående.

Foringsrørets helning skal være 45 grader. Dimensjonen på foringsrøret skal tilpasses de forskjellige dimensjonerende stagkapasiteter (NB permanente stag). Foringsrøret helsveises i skjøtene. Hullet i spunten rundt foringsrør skal ikke være større enn 10 mm.

Kommentar til tekst: Nytt prosessnummer i ny prosesskode 83.7132 dekker denne teksten delvis. Vi hadde kun lekkasje rundt to staghull og kravet om at hullet i spunten rundt staghullet skal være lite er medvirkende årsak til dette.

83.753 Boring av hull for forankringer i fjell

For permanente stag skal huldiameteren være minimum 40 mm større enn diameteren på plastrøret utenpå staget. Total bordybde i fjell varierer ifølge tegningsanmerkningene. Borlengden i fjell skal tilpasses slik at minimum fri staglengde blir 5m.

Det skal ikke bores dypere enn avtalt uten byggherrens samtykke. Dersom fjellet beskaffenhet tilsier at borlengde i fjell bør økes, må byggherren kontaktes og ny bordybde avtales. Minimum forankringslengde i fast fjell er foreløpig satt til 5,0 m. Lengdene kan imidlertid justeres avhengig av fjellkvalitet, stagkrefter og valgt stagsystem.

Forankringslengde i godt fjell skal min. være:

5,0 m for stag med Pd= 400-1200kN

6,0 m for stag med Pd=1200-1800kN

Ved avsluttet boring må hullet renskes for borslam ved grundig spyling, blåsing med luft og til slutt ny vannspyling. Det kreves rent returvann fra spylingen før evt. vanntapsmåling utføres. Borehullet skal måles for å kontrollere at foreskrevet lengde er oppnådd.

Kommentar til tekst: Nytt prosessnummer i ny prosesskode 83.7133 dekker denne teksten delvis.

83.754 Levering av fjellforankring med aktiv forankring

De permanente stagene bygges opp som følger:

- Minimum dobbel korrosjonsbeskyttelse kfr. NS-EN 1537, tab 3
- På oversiden av forankringssonen skal være lisse være forsynt med fett og plaststrømpe (levert fra fabrikk)
- I forankringssonen skal lissene være avfettet.
- For å sikre at staget sentreres i foringsrør og borehull skal stagene være forsynt med ikke metalliske avstandsholdere.
- Avstandsholderne skal ikke hindre fri flyt av mørtel mellom lissen eller stag og borhull.
- Minimum avstand mellom hver lisse skal være 10 mm.

Kabelstag med spenntau dimensjon 0,6 " og stålqualität minst $f_{02} = 1670 \text{ kN/mm}^2$ og $f_{brudd} = f_u = 1860 \text{ kN/mm}^2$. Relaksasjonen skal være maksimalt 2 % av opprinnelig last ved 1000 timer og 20 grader C, svarende til antatt maksimalt 3 % ved 10,000 timer for et spenningsnivå lik $0,5 \times f_{brudd}$.

Permanente stag har dimensjonerende kapasitet $P_d = 0,5 \times f_{brudd}$. Verksertifikat skal forelegges byggherren for godkjenning. Mengden måles som løpemeter stag fra bunn fjellhull til forankring i dagen, dvs. ytterkant ankerplate.

Kommentar til tekst: Nytt prosessnummer i ny prosesskode 83.715 dekker teksten under kulepunktene, men dimensjon og styrke på spennstagene må beskrives spesielt.

83.755 Montering og faststøping av fjellforankring

Til omstøping skal det benyttes omstøpningsmasse med v/c forhold $< 0,40$, og de tilsetningsstoffer den utførende finner nødvendig for å oppnå et godt resultat med hensyn til flyteevne og ekspansjon. Resept for mørtelen og bruk av tilsetningsstoffer skal avtales med, og godkjennes av byggherren.

Fasthetskravet til mørtelen er B30. Det ferdig oppbygde staget skal ha gyseslanger ut- og innvendig av korrugert rør. Følgende prosedyre skal benyttes ved montering og gysing av stagene:

- Det ferdige oppbygde staget føres ned i det rengjorte hullet.
- Gysingen utføres inntil mørtel kommer opp både mellom tauene og det korrugerte røret, og mellom det korrugerte røret og det ytre foringsrøret. Krav til retur gysemasse er at denne er lik innpumpet masse.
- Etter ferdig gyst stag skal det anordnes et system for ettergysing av alle hulrom i toppen av staget som ikke kan injiseres etter pkt. 2.

Kommentar til tekst: Nytt prosessnummer i ny prosesskode 83.7154 dekker denne teksten. Vi hadde under arbeidets gang diskusjon om hvor stor del av staget som skulle gyses før staget spennes opp. Stagene er tau og vil ligge som bue mellom avstandsholder til avstandsholder før staget spennes opp. Hvis stagene gyses helt opp før oppspenning, vil ikke stagene bli rettlinjete etter oppspenning heller. Stagene skal ha dobbel korrosjonsbeskyttelse og det sikres med gysemasse rundt hver eneste lisse. Den beste prosedyrene er derfor kun å gyse staget i fjell, spenne opp og deretter gyse øvre del av staget.

83.756 Oppspenning av stag

Det er entreprenørens ansvar at gysemørtelen har oppnådd tilstrekkelig fasthet før prøvetekking/oppspenning av stagene (minimum 3 dager). Se prosess 83.755 b) vedr. fasthetskrav.

Samtlige spenntau skal oppspennes samtidig. Oppspenningen skal foregå trinnvis, og både den absolutte og relative deformasjon i kabelstaget skal avleses for hvert lasttrinn. Dette utføres ved at den relative deformasjonen mellom underlaget for jekken og spenntau registreres samtidig som deformasjonene av spenntau registreres fra en fast standplass.

Staget låses på forspenningslasten umiddelbart etter prøveoppspenning. Forspenningslast vil bli angitt før arbeidene igangsettes. Før oppspenningen foretas skal utstyret (jekk og manometer) kalibreres og dokumentasjon oversendes byggherren.

Prøvelasten: $P = 1,5 \times P_d$.

1. For de 3 første stag, samt hver 5. stag av alle stag etter de 3 første benyttes følgende prosedyre:

2. Uttrekk av slakk i spenntau: Nullstilling for måling av forlengelse defineres som stilling ved 0.1.P (P = prøvelast)

Staget spennes opp trinnvis med avlesninger ved følgende laster: 0.1 P, 0.25 P, 0,5 P, 0,75 P og 1.0 P. Eventuelle alternative lasttrinn kan benyttes etter avtale med byggherren. Lasten på hvert trinn skal bli stående til bevegelsene er mindre enn 1 mm over en periode på 2 minutter. Prøvelasten P skal stå på staget inntil deformasjonen er null i minimum 10 minutter ned avlesning etter både 5 og 10 minutter. Det er viktig at entreprenøren måler den relative forlengelsen av staget og ikke forlengelsen i forhold til spunten.

3. Staget avspennes ned til 0,1 P og det utføres ny utgangsmåling.
4. Fra 0,1 P spennes staget direkte opp og låses på forspenningslasten. For alle andre stag følges punktene 1-2 ovenfor, deretter låses staget på forspenningslasten.

Det skal ved etablering av forspenningslast kompenseres for låsetap ved å overspenne staget med en belastning korresponderende med låsetapsdeformasjonene i det aktuelle lastintervallet. Låsetapsdeformasjonen skal angis. Stagene aksepteres dersom bevegelsene har stabilisert seg i løpet av observasjonstiden, samt at den målte elastiske forlengelse samsvarer med den beregnede innenfor 20 %

Kommentar til tekst: Nytt prosessnummer i ny prosesskode 83.7155 dekker denne teksten. Når vi prøvetrekker stagene har vi en fullskalatest for å se at stagene holder mål. Hvis en får for stor deformasjon, er det tegn på at stagene slipper taket i fjellet.

Måling av relativ forlengelse er vist utført på figur 16. Ved utførelse av denne prosessen hadde entreprenøren det for travelt. De stod ikke lenge nok på de øverste lastnivåene. En annen mangel ved deres arbeidsmetoder, som vi avdekket, er at de ikke oppjusterte lasten på jekken etter en tid hvis lasten synker grunnet deformasjoner på spunten. De utførte punkt 3 og 4 på alle stag da de syntes det var enklest å ha samme prosedyre på alle stag.

Erfaringer fra utførelse av spuntarbeidene

Fremdrift

Entreprisen startet 1.3.2005 og ble ferdigstilt 1.6.2006. Spuntarbeidene startet 10.4.2005 og var ferdige 25.8.2005. Spuntarbeidet var presset på tid.

Vi hadde kontraktsfestet 3 uker fellesferie i juli, men ferien ble redusert til 2 uker for stagarbeidene på grunn av høyt tidspress. Det er få i Norge som har kapasitet til å ha så høy framdrift på spunt- og stagarbeidene. Arbeidet ble utført profesjonelt og effektivt av Entreprenørservice. Det var lite plunder og heft.

Arbeidet ble utført med en spuntmaskin med vibrolodd og nedpress. Det var 2 – 3 bormaskiner i aktivitet for boring av dybler og stag.

	Antall	Areal/ lengde	Vegg 1 Periode	Vegg 1 Ant uker
Ramming spunt		980 m ²	10.4 - 28.4	2,5
Fordybling	192		25.4 – 10.5	2,5
Stagrad 1 boring	49	706 m	11.5 – 8.6	4
Stagrad 1 Gysing og oppspenning	49		26.5 – 23.6	5
Stagrad 2 boring	33	494 m	28.6 – 5.7	1
Stagrad 2 Gysing og oppspenning	33		7.7 – 4.8	4
Stagrad 3 boring	14	222 m	15.8 – 18.8	0,5
Stagrad 3 Gysing og oppspenning	14		17.8 – 25.8	1,5
Alle spuntarbeidene Vegg 1			10.4 – 25.8	18

	Antall	Areal/ lengde	Vegg 2 Periode	Vegg 2 Ant uker
Ramming spunt		404 m ²	26.5 – 30.5 28.6 – 4.7	1,5
Fordybling	81		16.6 – 7.7	1,5
Stagrad 1 boring	47	422 m	27.6 – 14.7	1,5
Stagrad 1 Gysing og oppspenning	47		5.7 – 9.8	3
Stagrad 2 boring	10	100 m	9.8 – 11.8	0,5
Stagrad 2 Gysing og oppspenning	8	80 m	11.8 – 16.8	1
Alle spuntarbeidene Vegg 2			26.5 – 16.8	10

	Antall	Areal/ lengde	Vegg 3 Periode	Vegg 3 Ant uker
Ramming spunt		880 m ²	3.5 – 25.5	3
Fordybling	214		23.5 – 2.6	1,5
Stagrad 1 boring	94	1270 m	1.6 – 29.6 1.8 – 2.8	4,5
Stagrad 1 Gysing og oppspenning	94		21.6 – 17.8	6
Alle spuntarbeidene Vegg 3			3.5 – 16.8	13

Erfaringer å ta med seg ved senere framdriftsplanlegging:

Areal rammet spunt uten fordybning: 220 – 400 m²/uke

Areal rammet spunt med fordybning: 200 – 220 m²/uke (fordybning går parallelt med ramming).

Boring og oppspenning av stag: 8 – 10 stag/uke

Totalt spuntarbeid, inkl nedgraving og stag: 45 – 65 m²/uke

Arbeidene ble utført med lite plunder og heft, og ingen spesielle stopp grunnet vanskelige grunnforhold. Kvalitet

Levering og utførelse av stålmateriale

S355GP og S355J2G3-stål: S355GP er stålkvaliteten ble beskrevet som gods på all spunt.

S355J2G3 ble beskrevet på toppbjelke og materiale i fuglekassene.

S355 står for at det er konstruksjonsstål med minimum flytegrense på $f_y = 355$ MPa.

I Norge er dette den mest benyttede stålqualiteten i peler og spunt. Konstruksjonsstål med flytegrense opp til S355 er godt sveisbart, og det høres til enkleste sveiseklasse i sveisesertifikatene.

Spesialstål med høy flytespenning: Stålet ble til dels benyttet i ståldyblene i fjell.

Ståldyblene er massiv og har en diameter på. Ståldyblene ble beskrevet med diameter 60 mm, 70mm og 80 mm med flytespenning 350 MPa og 650 MPa. Da var det rom for å øke dimensjonen eller flytespenningen ved gliper over 100 mm. Dyblene kom på plassen i 6 m lengde, og var merket med ulik farge på enden avhengig av stålqualitet. Dyblene ble kappet i 3 emner, og dermed var det 1/3 dybler som ikke lenger var merket med fargekode.

Kontraktskrav til stålarbeider på spunt: I kontraktens bestemmelser er det presisert hvilke krav Statens vegvesen har til levering av stål og utførelse av stålkonstruksjonene. Dette tas med i spesiell beskrivelse i tillegg til teksten i prosesskoden.

Under er det tatt med noen krav vi har i spesiell beskrivelse, som vi vil anbefale å benytte ved senere beskrivelser:

- Alle stålarbeider skal utføres i henhold til NS 3464: ”Utførelse av stålkonstruksjoner. Allmenne regler og regler for bygninger”
- Spunt, bjelker og stål til fuglekasser skal leveres med sertifikater 3.1B etter NS-EN10204 der både flytespenning og kjemisk innhold er vist. Permanente stag og fotbolter leveres med sertifikater 2.1 etter NS-EN10204, dvs med flytespenning vist. Stålet skal være merket slik at det er sporbart til sertifikatene.

Med henvisning til NS3464 kan det blant annet kreves at alle sveisere framlegger sveisesertifikat. NS 3464 beskriver også at det skal utarbeides sveiseprosedyrer i forkant av arbeidet, og forberedelse og utførelse av sveisingen. Det står f. eks at sveiseren og arbeidsstykket skal være skjernet mot vind og nedbør, og området som sveises skal være tørt. En stadig diskusjon på byggeplassen er hvor mye det kan regne/snø før sveisearbeidene må avbrytes eller dekkes til.

Byggherrens stikkprøvekontroll har vært fokusert på merking av spunt, dybler, sertifikater. Vi har også vært opptatt av at spennkablene (staglissene) ikke står utsatt for vær og vind, slik at det blir rust på dem.

Tidlig under arbeidene utførte en sveise-/stålekspert befaring på anlegget med vurdering av sveiseprosedyrer, samtaler med sveisere under arbeidet og visuell kontroll av sveisene. På denne måten synliggjorde vi tidlig i prosessen at byggherren har fokus på stålet, og vi mener vi har unngått mye avvik i ettertid på grunn av dette tidlige fokuset.

Vi har vært godt fornøyd med kvaliteten på både dokumentasjon av stålet og sveisearbeid i forbindelse med spunten.

Konflikt mellom spunt og ledninger

Da vi skulle ramme spunten langs Teglverksveien, satte vi ut både spuntlinja og målte inn ledningene i marka. Da viste det seg at ledningene og spunten kolliderte. Vi måtte derfor legge om ledningene før vi kunne begynne å ramme spunt. Både byggherre og prosjekterende visste at det var marginale toleranser mellom ledninger og spunt. Denne kontrollen med utsetting av linjene i marken må gjøres tidligere under prosjekteringen når marginene er så små.

Ramming av spunt til fjell

Entreprenøren valgte et rammeutstyr med vibrering og nedpress med fabriksnavn ABI-MRZV 925VS. Vibroloddet sitter fastmontert på en skinne og i tillegg til en sentrifugalkraft på 925 kN, har maskinen en nedpresskraft på 0 – 175 kN.

Ramming av spunt med dette utstyret gir en god framdrift og en nøyaktig plassering av spunten. Det er enkelt å trekke spunt som er feilplassert. Ulempen er at utstyret ikke gir tilstrekkelig kraft ved sluttramming ved fjell. Det ble etterrammet med en gravemaskin med fallodd med lav vekt for å redusere glipen mellom spunt og fjell (se figur 18). Dette fungerte bra tross byggherrens skepsis til det lette loddet.

Entreprenøren hadde gode rutiner for å plassere spunten korrekt. De satte ut fastpunkt, fra fastpunktene satt de ut en linje som de skulle ramme etter. Denne sikret de med en stålbjelke slik at spunten ikke kom ut av posisjon. Det ble registrert et avvik da fastpunktene flyttet seg under ramming. Fastpunktene stod på løsmasse, og var dessverre satt ut for nære spunten, slik at de ble påvirket av rammingen. Entreprenøren måtte dermed dra opp spuntålene igjen, og en dags arbeid måtte gjøres på nytt.

Ved sprengning foran spunt sikrer en spuntfot med skrålbolter og fotbjelke i tillegg til vertikale bolter. Dermed har spunten en ekstra sikring ved utfall etter sprengning. Figur 13 viser teoretisk og praktisk utforming av fotbjelke.

Tetting av hull rundt foringsrøret i spunten

Det var kun 2 stag det var lekkasje mellom foringsrør og spunt. Denne lekkasjen tettet vi med Tacss. Det er en rask og billig metode hvis lekkasjen ikke er for stor. Ulempen ved Tacss er at den ved større lekkasjer ikke bestandig tetter tilfredsstillende og da kan en ikke i ettertid tette ved å sveise.

Sveising er en solid, sikker og mer kostbar løsning å tette lekkasjer på.

Lekkasjer i foringsrør og fjell

Etter at foringsrørene er boret ble de fylt med vann. Hvis vannet sank i løpet av et døgn var det indikasjon på dårlig fjell og lekkasjer, og det var behov for vanntapsmåling. Vi gjorde et

forsøk på redusere innboringen på foringsrør i fjell fra 2,0 til 1,5 m. På disse stagene ble vanntapet for høyt og vi måtte vanntapsmåle, injisere og bore opp igjen foringsrørene.

Vi benyttet følgende grenseverdier for tetthet ved 2 bars trykk ved vanntapsmålinger etter erfaringer fra Entreprenørservice:

D = 96 mm – 3,0 l/min

D = 123 mm – 3,8 l/min

D = 140 mm – 5,3 l/min

D = 165 mm – 6,2 l/min

Byggherrekontroll av oppspenning av stag

Entreprenøren foretar prøveoppspenning av alle stag. Hvis stagdeformasjonen avviker mer enn +/-20 % fra teoretisk forlengelse varsler de byggherren. Byggherren foretok stikkprøvekontroller med å beregne og å tegne stagoppspenningskurven tilsvarende som vist i tabell og figur 12. Ved for høy forlengelse tyder det på at forankringslengden til stagene er for liten og tiltak må iverksettes.

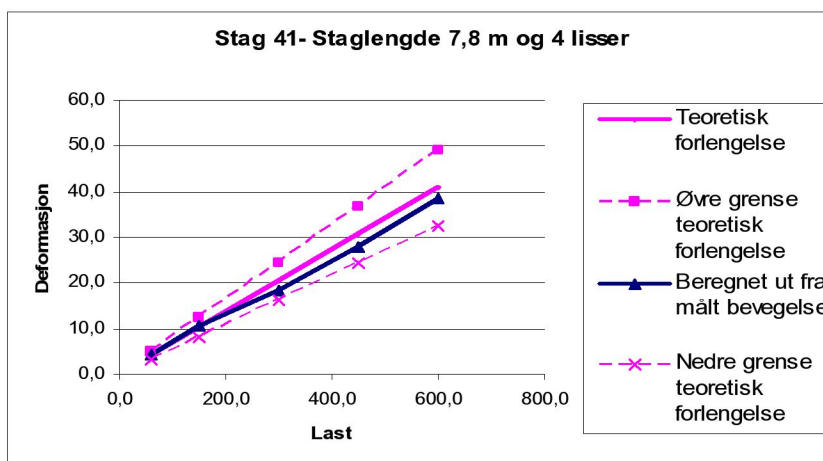
Stagforlengelsen finnes fra Hookes lov:

Teoretisk forlengelse = (Last x Fri staglengde) / (Areal x E-modul)

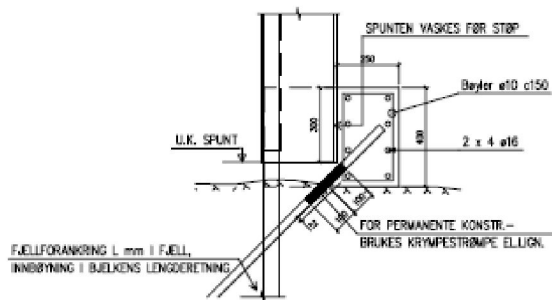
E-modul: 204900 N/mm²

Areal pr lisse: 140 mm²

Stag 41 har fri staglengde 7,8 m og 4 lisser	Lasttrinn	0,1	0,25	0,75	1,00
	Last (kN)	60	150	450	600
Avlesing tommestokk stag	440	432	423	412	400
Avlesing tommestokk spunt	665	664	663	662	661
Teoretisk forlengelse	4,1	10,2	20,4	30,6	40,8
Beregnet forlengelse ut fra målt bevegelse	4,1	10,7	18,3	27,8	38,4



Figur 12 Stagforlengelse ved prøveoppspenning av stag 41



Figur 13 Tverrsnitt av fotbjelke på tegning og ferdig støpt ute på plassen – fotbjelken tilpasses fjellforløpet



Figur 14 Ferdig montert fuglekasse med oppspente stag. Det presses noe leire ut i hullet mellom foringsrør og spunt.



Figur 15 Rust på spennstålkabel (0,6'' lisse) på trommelen. Trommelen ble avvist på plassen



Figur 16 Spennstålkablene til stagene (lissene) ble kappet og fettet på stedet. Her ligger lissene på bordet klar for montering. De 5 lissene lengst til venstre av har blitt påmontert avstandsholdere av plast som under tvil ble akseptert av byggherren. Lissene ble trædd ett for ett ned i korrugert hylse. En bedre løsning er at alle lissene blir trædd samtidig med avstandsholdere som holder alle lissene sammen.



Figur 17 Oppspenning av stag - Utstyr nivellerkikkert (helt til høyre), 2 stk tommestokker, jekk og måleur til jekk



Figur 18 Gravemaskinen m/fallodd fikk nålene til fjell som ikke vibroloddet på 4 tonn greide!



Figur 19 Merking av stådybel og spunt skal stemme overens med sertifikater



Figur 20 Oversikt over spunt 1 når alle stagen er montert og korrosjonsbeskyttet med betong



Figur 21 Oversikt over spunt 1 når det har blitt ferdig mur og motorveg



Figur 22 Spunt 3 øverst og mur 2 er under støping



Figur 23 Mur 2 og 3 med betongkledning på

HMS

Under risikovurderingen identifiserte vi følgende risikofylte operasjoner i forbindelse med spuntarbeid:

- Velt av spuntnåler: Sikkerhetsavstand til biler og folk
- Sveising: Varme arbeider, eksplosjonsfarlig gassbeholdere, isolasjon kan ta fyr, membranherder betong kan brenne
- Oppspenning av stag: staget ryker - jekken kan komme som en prosjektil
- Utgraving for dypt og for bratt: Spunten/stag/stivere/puter kan ryke. Utglidning på langs av spuntgropen.
- Boring av foringsrør: Koblinger på slanger kan ryke
Sprut av borkaks, vann, leire.
- Mørtelarbeid: Sement er etsende, bruk briller og hansker

Kostnader

Spuntarbeidene ble utført uten store krav om tilleggsarbeider. I ettertid har vi oppsummert kostnadene for spuntarbeidene pr areal rammet spunt. Det er ikke tatt hensyn til tilleggskostnader for spunt og betongarbeid.

	Totalpris	Areal	Pris/areal
Spunt 1 med 3 stagrader (49 stag i 1. stagrad, 33 i 2.stagrad og 14 i 3. stagrad)	4.285.309 kr	779 m ²	5500 kr/m ²
Spunt 2 med 2 stagrader (47 stag i 1. stagrad og 8 stag i 2. stagrad)	1.818.665 kr	404 m ²	4500 kr/m ²
Spunt 3 med 1 stagrad (94 stag i 1.stagrad)	3.589.599 kr	880 m ²	4080 kr/m ²
Betongforblending av mur 1 (dels forblending av fjell og dels spunt)	5.664.839 kr	1568 m ²	3610 kr/ m ²
Betongforblending av mur 2 (dels forblending av fjell og dels spunt)	3.058.567 kr	794 m ²	3850 kr/ m ²
Betongforblending av mur 3	2.007.475 kr	506 m ²	3970 kr/m ²
Spunt m/betongforblending mur 3 (pr areal synlig betongflate)	5.597.074 kr	506 m ²	11.060 kr/m ²

For å sammenligne kostnader spunt med fuglekasser og spunt med puter har vi sett på spuntkonstruksjon 3. Den har en lengde på 130 m. For å forenkle sammenligningen har vi forutsatt samme krav spuntens motstandsmoment, selv om fuglekassespunten krever noe stivere spunt. Vi ser på spunten der stagavstanden er 1,26 m og dimensjonerende staglast $P_d = 400\text{kN}$. For spunt med pute ser vi på stagavstand 3,8 m og dimensjonerende staglast $P_d = 1200\text{kN}$. Dette er på en strekning på 100 meter der spuntlengden er ca 7,5m jamt. Foringsrørene bores ca 8 m i løsmasse og deretter 2 m i fjell. Forankringslengden er 5 m og 6 m henholdsvis for 400 kN-stag og 1200 kN stag. Det er sett bort i fra riggekostnader.

Kostnader for spunt med fuglekasser (priser gitt i februar 2005):

Prosess	Beskrivelse	Mengde	Enhetspris	Sum
83.6121	AZ26 – levering	750 m ²	1393	1 044 750
83.6122	AZ26 – ramming	750 m ²	130	97 500
83.6123	Påsveising av rør	1190 m	171	203 490
83.61242	Fordyblingsbolt Ø70 mm	158 stk	1898	299 884
83.6126	Toppbjelke – HE280B	100 m	1411	141 100
83.693	Fuglekasse	80 stk	866	69 280
83.694	Stiverplate i spuntbuk	80 stk	5762	460 960
83.61273	Kapping av spunt	100 m	327	32 700
83.7522	Stag P _d =400 kN – boring i løsmasse	800 m	420	336 000
83.7532	Stag P _d =400 kN – boring i fjell	400 m	485	194 000
83.7541	Stag P _d =400 kN – levering	80 stk	595	47600
83.7542	Stag P _d =400 kN – levering	1200 m	243	291 600
83.755	Stag P _d =400 kN – montering	80 stk	666	53 280
83.756	Staghode P _d =400 kN – oppspenning	80 stk	1107	88 560
	SUM 100 lm spunt med fuglekasser			3 361 164

Kostnader for spunt med puter

Prosess	Beskrivelse	Mengde	Enhetspris	Sum
83.6121	AZ26 – levering	750 m ²	1393	1 044 750
83.6122	AZ26 - ramming	750 m ²	130	97 500
83.6123	Påsveising av rør	1190 m	171	203 490
83.61242	Fordyblingsbolt Ø70 mm	158 stk	1898	299 884
83.6126	2UNP350 *	100 m	1713	171 300
83.61273	Kapping av spunt	100 m	327	32 700
83.7522	Stag P _d =1200kN – boring i løsmasse	270 m	695	187 650
83.7532	Stag P _d =1200 kN – boring i fjell	162 m	675	109 350
83.7541	Stag P _d =1200 kN – levering	27 stk	1329	35 883
83.7542	Stag P _d =1200 kN – levering	432 m	319	137 808
83.755	Stag P _d =1200 kN – montering	27 stk	968	26 136
83.756	Staghode P _d =1200 kN – oppspenning	27 stk	1107	29 889
	SUM 100 lm spunt med puter			2 488 012

*Prisene er hentet fra prosjekt E18 Frydenhaug - Eik

Prisene for dette eksempelet viser at det er ca 35 % dyrere å benytte seg av spunt med fuglekasse enn for spunt med pute. Det koster ca 900 000 kr mer for en spuntvegg på 100 m med fuglekasser enn en ordinær med puter. Kostnadsforskjellen ligger i flere løpemetere stag og flere staghoder.

VEDLEGG

Vedlegg 1: Tegning K120 Plan spunt 1

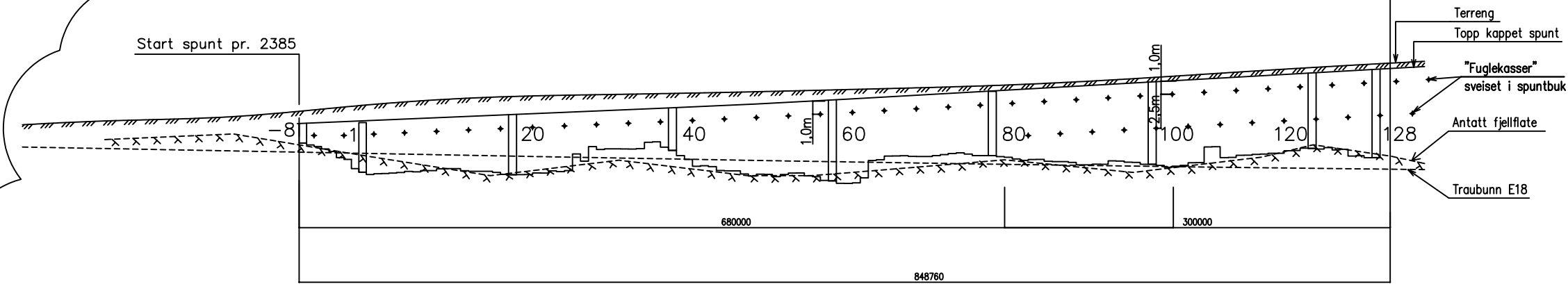
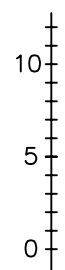
Vedlegg 2: Tegning K121 Oppriss spunt 1

Vedlegg 3: Tegning K122 Snitt spunt 1

HENVISNINGER:

- [1] *"Peleveiledningen 2. utgave 1991"*. Norges Byggstandardiseringsråd
- [2] *"Håndbok 26 Prosesskode-2"* Statens vegvesen

Profil nr. E18 2360 2370 2380 2390 2400 2410 2420 2430 2440 2450 2460 2470



SPUNT: MOTSTANDSMOMENT (cm ³ /m)	2600	2600
TOPPBJELKE NEDFELT I SPUNT	HEB280	HEB340
STAG 1: S (kN) / STAGAVSTAND (m)	22 stk 500 kN / 2,52 – Forspeningslast 170kN	12 stk 400kN / 2,52 – Forspeningslast 170kN
STAG 2: S (kN) / STAGAVSTAND (m)		12 stk 800kN / 2,52 – Forspeningslast 420kN
STAG 3: S (kN) / STAGAVSTAND (m)		
FOTBOLT: Ø (mm) / cc BOLT	70 (fy = 650N/mm ²) / gjennomsnittlig c/c = 0,63 m	2 stk 80 (fy = 320 N/mm ²) / gjennomsnittlig c/c = 0,63 m
DYBEL RØR (mm) INNVENDIG	100	100

Oppriss spuntkonstruksjon 1 pr 2372–2470

ANMERKNINGER:

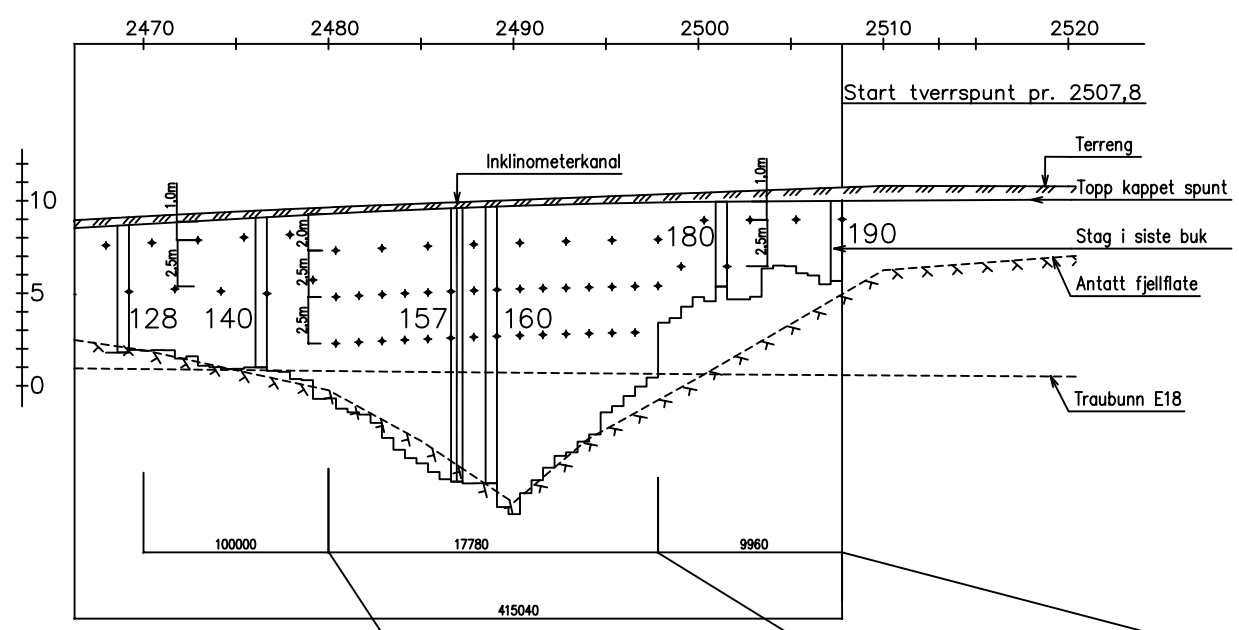
- SPUNT: STÅLKVALITET : S355GP I HENHOLD TIL NS-EN 10025
MINIMUM STÅLTYKKELSE : 12 mm
- TOPPBJELKE: STÅLKVALITET : S355J2H I HENHOLD TIL NS-EN 10025
PLASSERING: NEDFELLES I TOPP SPUNT, DVS. KONTI-
NUERLIG SVEISET I UTSKJÆRTE SPOR PÅ TOPP AV
JEVNT KAPPET SPUNT
- STAG: HVIS IKKE ANNET ER OPPGITT PÅ OPPRISS GJELDER:
TYPE : PERMANENTE FJELLSTAG.
PLASSERING : c/c STAG ER OPPGITT I DIAGRAM. ①
HELNING (V) : 45 GRADER
PRØVELAST : 1,5 x Pd
FORSPENNINGSLAST : se diagram
FORANKRINGSLENGDE (L) I GODT FJELL ER:
Pd (kN) L(m)
600–800 : 5,0
800–1200 : 5,0
1200–1600 : 6,0
1600–2500 : 6,0

① ENDELIG PLASSERING AV STAG
BESTEMMES ETTER AT SPUNT ER
RAMMET OG FJELLNIVÅ ER KJENT

- FUGLEKASSER: FOR MÅL OG DIMENSJONER SE TEGNING NR:K322
- FOTBOLT: STÅLKVALITET : S355JR I HENHOLD TIL NS-EN 10025
LENGDE : 2 m (DERAV 1 m I FAST FJELL)
: 1–2 FOTBOLTER I HVER SPUNTBUK.

BYGGHERRENS REPRESENTANT AVGJØR EVT ENDRINGER
I DIMENSJONER OG ANTALL UT FRA BORPROTOKOLLER

Godkjent som arbeidstegning av
Vegdirektoratet, Seksjon for Bruteknikk, i brev av . 02.02.2005
* Prosjektansvarlig * * Dato *
..... Hallgeir Nordahl 02.02.2005



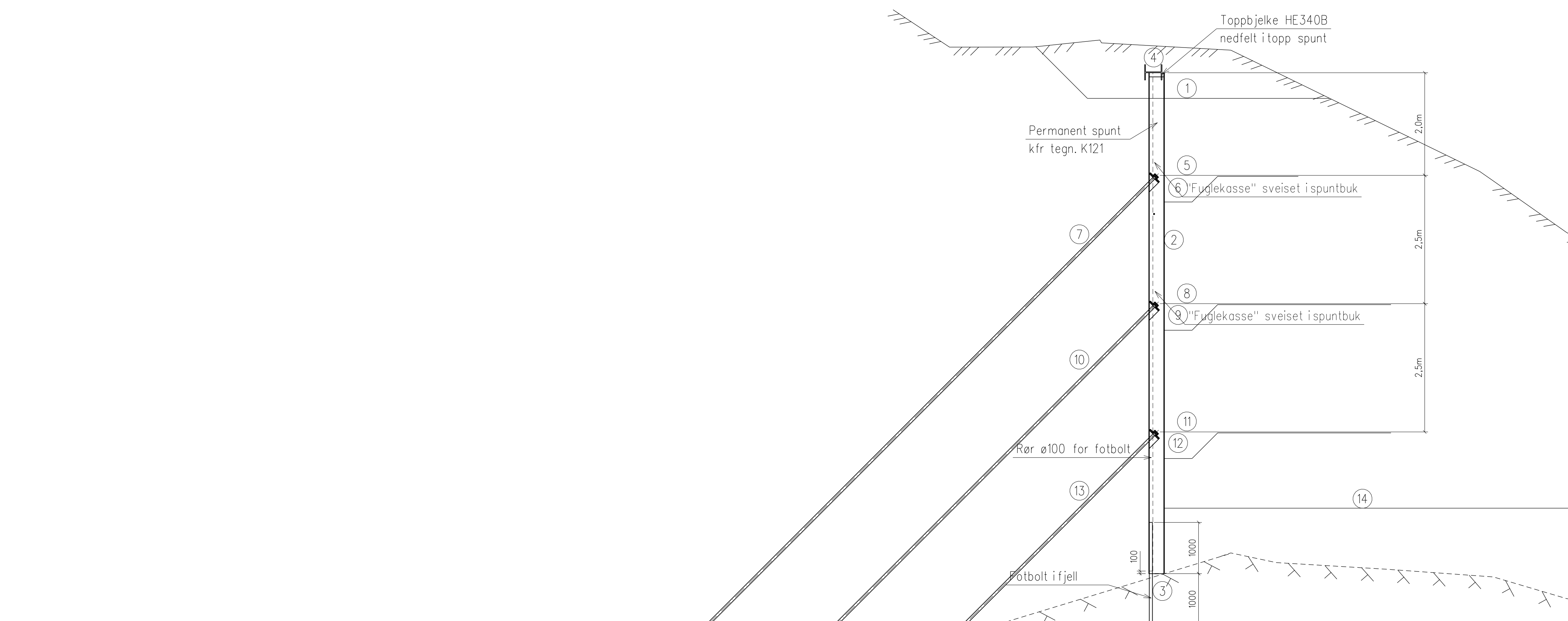
Oppriss spuntkonstruksjon 1 pr 2470–2518

SPUNT: MOTSTANDSMOMENT (cm ³ /m)	2600	3600	2600
TOPPBJELKE NEDFELT I SPUNT	HEB340	HEB380	HEB340
STAG 1: S (kN) / STAGAVSTAND (m)	600kN/2,52 – FI 250kN	900kN / 2,52 – Forspeningslast 530kN	600kN / 2,52 – Forspeningslast 250kN
STAG 2: S (kN) / STAGAVSTAND (m)	1200kN/2,52 – FI 630kN	900kN / 1,26 – Forspeningslast 480kN	900kN / 2,52 – Forspeningslast 530kN.
STAG 3: S (kN) / STAGAVSTAND (m)		1400kN / 1,26 – Forspeningslast 880kN	
FOTBOLT: Ø (mm) / cc BOLT	2 stk 70 (fy = 650 N/mm ²) c/c = 0,63 m	80 (fy=320 N/mm ²) / gj.snittlig c/c=1,26m	
DYBEL RØR (mm) INNVENDIG		100	

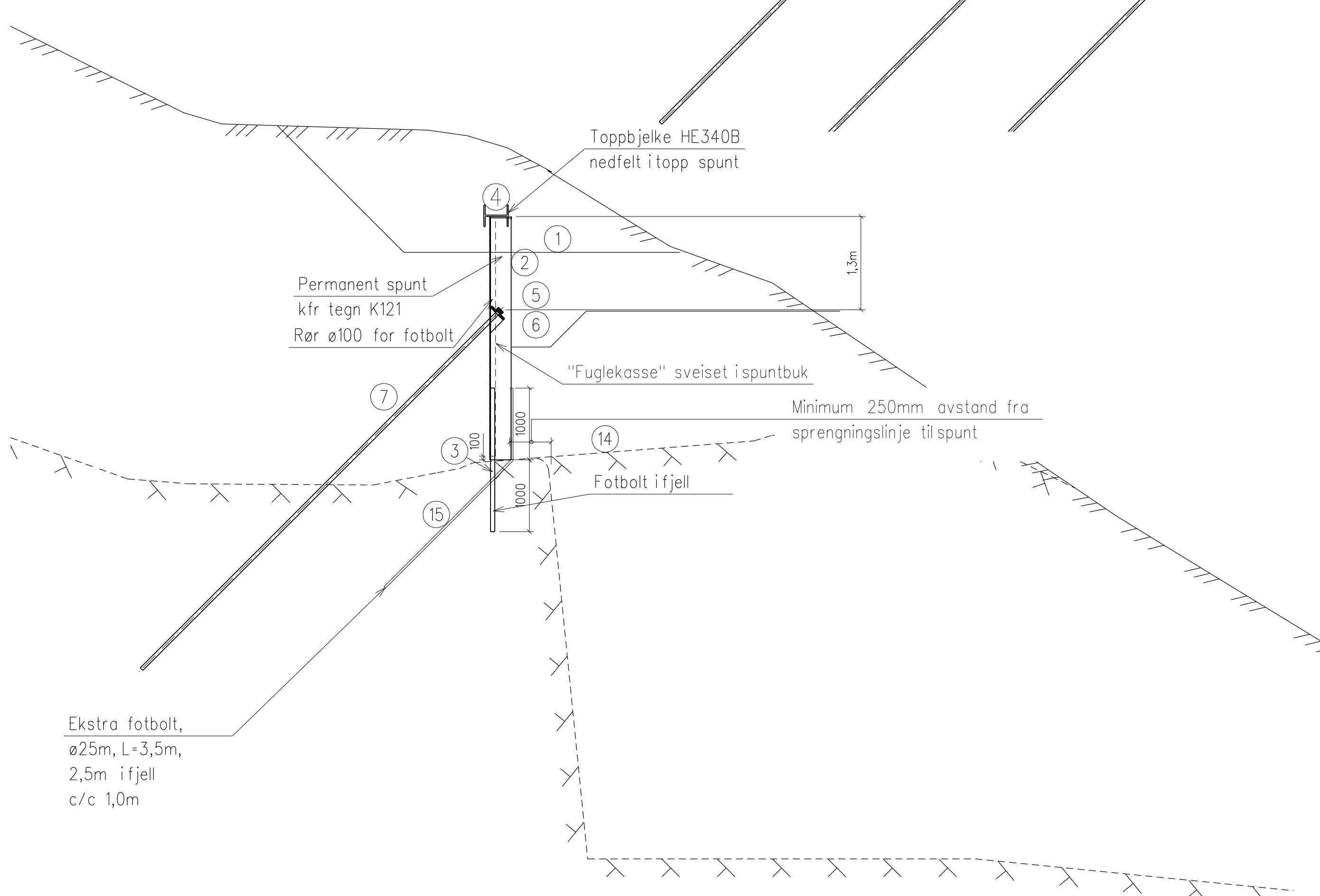
Stagrad 2 avsluttes ved 2503

ARBEIDSTEGNING

C	Endring av stag pr 2470 – 2507. Inklinometerkanal.	ERD	01.06.2005
B	Inntegnet UK. spunt etter ramming	ERD	18.05.2005
A	Arbeidstegning		
Indeks	Revideringen gjelder	Navn	Dato
		Tegn: KTB	01.11.2004
		Kontr: KNE	01.11.2004
		Godk: KL	01.11.2004
E18hp: 1/2 AKERHUS/LIERSKOGEN-KOBBERVIK		Prosj.nr: 310451	
Parsell: ØVIK-FRYDENHAUG		PRØFnr: -	
PR.2360-3330		Målestokk: 1:200 (A1)	
BYGGEPLAN		Tegn nr: K121-C	
Produisert av Multiconsult AS		Arkiv referanse: -	



SNITT PR. 2480



SNITT PR. 2510

ARBEIDSGANG SPUNT 1:

- ① Forgraving/masseutsifting i spuntlinjen (normalkomprimering)
- ② Ramming av spunt
- ③ Etablering av fordyblingsbolter
- ④ Etablering av toppbjelke
- ⑤ Graving til nivå med øvre stagrad
- ⑥ Graving av grop for etablering av permanente stag (fuglekasser)
- ⑦ Oppspenning av stag
- ⑧ Graving til nivå med 2. stagrad (evt. tilendelig planum der det er 1 stagrad)
- ⑨ Graving av grop for etablering av permanente stag (fuglekasser)
- ⑩ Oppspenning av stag
- ⑪ Graving til nivå med 3. stagrad (evt. tilendelig planum der det er 2 stagrader)
- ⑫ Graving av grop for etablering av permanente stag (fuglekasser)
- ⑬ Oppspenning av stag
- ⑭ Graving til endelig planum
- ⑮ Etablering av skrøbolter ifjell
- ⑯ Evt. etablering av betongdrager på fjell
- ⑰ Innstøping av fuglekasser
- ⑱ Isolering og støping av betongmur
- ⑲ Tilbakefylling

FORUTSETNINGER:

Last på terreng bak spunt maks 7,5 kN/m²
 Dersom glipen mellom spunt og fjell (ved fordyblingsbolter) er større enn 70mm skal byggeherren varsles

ANMERKNINGER:

1. SPUNT: STÅLKVALITET : S355GP IHENHOLD TIL NS-EN 10025
 MINIMUM STÅLTYKKELSE : 12 mm
2. TOPPBJELKE: STÅLKVALITET : S355J2H IHENHOLD TIL NS-EN 10025
 PLASSERING: NEDFELLES I TOPP SPUNT, DVS. KONTINUERLIG SVEISET IUTSKJERTE SPOR PÅ TOPP AV JEVTNT KAPPET SPUNT
3. STAG: HVIS IKKE ANNET ER OPPGITT PÅ OPPRISS GJELDER:
 TYPE : PERMANENTE FJELLSTAG.
 PLASSERING : c/c STAG ER OPPGITT I DIAGRAM. ①
 HELNING (V) : 45 GRADER
 PRØVELAST : 1,5 x Pd
 FORSPENNINGSLAST : se diagram
 FORANKRINGSLENGDE (L) I GODT FJELL ER:

Pd (kN)	L (m)
600-800	:5,0
800-1200	:5,0
1200-1600	:6,0
1600-2500	:6,0
- ① ENDELIG PLASSERING AV STAG BESTEMMES ETTER AT SPUNT ER RAMMET OG FJELLNIVÅ ER KJENT
4. FUGLEKASSER: FOR MÅL OG DIMENSJONER SE TEGNING NR:K322
5. FOTBOLT: STÅLKVALITET : S355JR IHENHOLD TIL NS-EN 10025
 LENGDE : 2 m (DERAV 1m I FAST FJELL)
 : 1-2 FOTBOLTER IHVER SPUNTBUK.
 BYGGHERRENS REPRESENTANT AVGJØR EVT ENDRINGER I DIMENSJONER OG ANTALL UT FRA BORPROTOKOLLER

Godkjent som arbeidstegning av Vegdirektoratet, Seksjon for Bruteknikk, i brev av 02.02.2005
 * Prosjektansvarlig * Dato *
 Hallgeir Nordahl 02.02.2005

ARBEIDSTEGNING

A		Arbeidstegning	21.01.05
Indeks	Revideringen gjelder		Navn Dato
			Tegn: KTB 01.11.2004
			Kontr: KNE 01.11.2004
			Godkj: KL 01.11.2004
E18:Hp: 1/2 AKERHUS/LIERSKOGEN-KOBBERVIKDALEN		Prosj.nr:	310451
Parsell: HØVIK-FRYDENHAUG		Finavn:	
PR.2360-3330		Målestokk:	1:50 (A1)
BYGGEPLAN		Tegn nr:	K122-A
E18 pr.ca. 2372-2518		Arkiv referanse:	
SNITT OG DETALJER			
Produsert av: Multiconsult AS			



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005