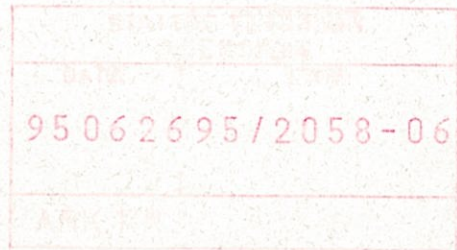


Ekstra kopi



STATENS VEGVESEN - AKERSHUS
Rv. 4
OSLO GRENSE - SLATTUM

INGENIØRGEOLOGISKE UNDERSØKELSER
TUNNEL, PROFIL 1000-2500

SIKRINGSANSLAG OG KOSTNADSVURDERINGER
TUNNEL, PÅHUGG SØR-NORD

RAPPORT

22.06.95

STATENS VEGVESEN - AKERSHUS

Rv. 4

OSLO GRENSE - SLATTUM

INGENIØRGEOLOGISKE UNDERSØKELSER
TUNNEL, PROFIL 1000-2500

SIKRINGSANSLAG OG KOSTNADSVURDERINGER
TUNNEL, PÅHUGG SØR-NORD

RAPPORT

Sandvika, 22. juni 1995



Erik Bjørhovde

SAMMENDRAG

Rapporten sammenfatter vurdering av tidligere undersøkelser i området med nye observasjoner fra befaring i terreng og allerede utdrevet del av tunnelen, samt resultater fra 8 fjellkontrollboringer og gir vurderinger av gitt trasé og vertikalkurvatur pr. 30. mars 1995.

Det forventes behov for et gjennomgående moderat sikringsomfang i tunnelen, mens utvidet sikring må påregnes ved kryssing av antatte svakhetssoner/slepper.

Av tre lavpunkter i terrenget over traséen ventes to ikke å innebære vesentlige vanskeligheter, mens det tredje ved Bekkefare utgjør en vesentlig usikkerhet for gjennomførbarheten med en overdekning av fjell på 2-3 m, totalt ca. 13 m inklusive løsmasser. Forutsatt at nødvendige, supplerende fjellkontrollboringer bekrefter beliggenheten av fjelloverflaten, vil kryssingen under Bekkefare ha en høy anleggsteknisk vanskelighetsgrad og det ventes behov for omfattende tetting, midlertidig og permanent sikring.

Ved påhugg sør ventes rimelig gode fjellforhold utover en mindre sone, med en steil påhuggsvegg og tunnelheng i nivå med eksisterende Rv. 4. I forskjæringen utgjøres grunnen i hovedsak av fyllmasser som må planeres ut. Evt. marine sedimenter under fyllmassene bør bekreftes ved supplerende grunnboring under eksisterende fyllmasser, som har gitt store problemer for de her utførte boringer.

Entreprensekostnaden for samtidig bygging og ferdigstillelse av begge tunnellop fra påhugg til påhugg, inkludert vegbane, elektro osv., anslås til ca. 160 mill kr inkl. mva. og renter i byggetiden, ekskl. prosjektering og byggeledelse. Ved utsatt ferdigstillelse av østre løp, gir alternativ 2 (begge løp sprenges nå; sikring, vegbygging m.v. gjøres senere) lavest nåverdi dersom utsettelsen er mellom ca. 1,75 og ca. 4,5 år. Dersom utsettelsen er mer enn ca. 4,5 år, gir alternativ 3 (hele østre løp utsettes) lavest nåverdi.

Senere driving av østre løp nødvendiggjør ikke økt avstand mellom løpene sammenlignet med samtidig driving, men vil i større grad medføre lengre strekninger med sprengningsrestriksjoner. Dertil kommer trafikkmessige konsekvenser med stengning av trafikken under salveskyting. Negativt er også miljømessige konsekvenser ved to adskilte anleggsperioder.

Innholdsliste:

1.	INNLEDNING	4
2.	GEOLOGI	4
2.1	Regional oversikt, bergarter	4
2.2	Oppsprekning og strukturer	5
2.3	Løsmasser	5
2.4	Vannforhold	6
3.	FJELLKONTROLLBORINGER	6
4.	STABILITET OG SIKRING - TUNNEL	7
4.1	Bergmassen generelt	7
4.2	Lavpunkter - overdekning	7
4.3	Sikringsanslag	8
5.	STABILITET OG SIKRING - PÅHUGG SØR	9
5.1	Løsmasser, forskjæring	9
5.2	Påhugg, fjellforhold, sikring	10
6.	KONSEKVENSER VED SENERE DRIVING AV ØSTRE LØP	10
6.1	Anleggstekniske forhold	10
6.2	Kostnader ved alternative driveopplegg	10
6.3	Trafikkmessige forhold, naboer	11
7.	REFERANSER	13

Bilag:

1.	Kostnadsanslag ved drive- og sikringsopplegg alt. 1
2.	Kostnadsanslag ved drive- og sikringsopplegg alt. 2
3.	Kostnadsanslag ved drive- og sikringsopplegg alt. 3

Vedlegg:

Tegning 01	Plan/profil km 1000-1700
Tegning 02	Plan/profil km 1700-2500

1. INNLEDNING

Flere alternative tunneltraséer har vært vurdert for å legge Riksvei 4 utenom Gjelleråsen/Hagan. I perioden 1990-92 ble det startet tunneldriving fra Slattum mot Grense Oslo, hovedsakelig for å skaffe masser til veibygging lenger nord langs Hadelandsveien. Det ble drevet totalt ca. 815 m tunnel, fordelt på ca. 505 m i vestre løp og ca. 310 m i østre med tverrslag mellom løpene hver ca. 200 m. Påhugg i nord ble etablert kun for vestre løp, mens østre løp ble drevet fra første tverrslag. Begge løp er drevet med tverrsnitt T9 med en pillar på ca. 10 m imellom.

Foreliggende rapport beskriver de geologiske forholdene ved driving av tunnel i.h.h.t. gitt trasé pr. 30. mars 1995, fra påhugg sør ca. 500 m nord for Gjelleråsen til kartgrunnlagets begrensning ved profil 2500. Eksisterende tunnel er i.h.h.t. tidligere profil-inndeling som påmerket i tunnelen, drevet til ca. profil 2410 og 2490 i henholdsvis vestre og østre løp. Dette korresponderer til ca. profil nr. 3230 og 3310 etter ny inndeling. Strekingen mellom profil 2500 og ca. 3230 er ikke beskrevet geologisk nedenfor i det den dekkes av tidligere ingeniørgeologiske og geotekniske rapporter i området.

Til grunn for rapporten er det utført fjellkontrollboringer på to steder langs traséen, samt i søndre påhugg. Det er foretatt befaringer i terrenget over traséen og i allerede utdrevet del av tunnelen, supplert med en studie av flyfoto. Basert på dette gis det en konsekvensvurdering av samtidig ferdigbygging av begge løp fra eksisterende tunnel i nord til påhugg sør, kontra bygging av vestre løp nå og østre løp i en senere fase. Konsekvensvurderingen omfatter mao. driving av hele tunnelen, mens kartgrunnlaget, gjengitt på tegning 01 og 02 dekker tunnelen t.o.m. ca. profil 2500.

Det understrekes at grunnboringene som er utført i denne forbindelse, har hatt som siktemål å kontrollere gjennomførbarheten og gi basis for kostnadsvurderinger. Det er angitt at supplerende boringer kan påregnes utført for endelig fastlegging av trasé og vertikalkurvatur. De utførte boringene har således vært begrenset til veikant av offentlig vei samt til Vegvesenets eget område ved påhugg sør. Ett borpunkt (nr. 2) ble med grunneiers godkjennelse plassert på privat område.

Eksisterende og ny informasjon er sammenfattet på tegning 01 og 02. Den gitte trasé er i planet angitt ved senterlinjen mellom vestre og østre løp, en 30 m korridor er også antydnet, basert på 10 m avstand mellom de to løp ved samtidig utdriving.

2. GEOLOGI

De regionale og lokale geologiske forholdene er utførlig beskrevet i de eksisterende rapportene referert i kapittel 7, samt i ingeniørgeologisk rapport til anbudsdokumentene som lå til grunn for de hittil utdrevne deler av tunnelen i 1990-92.

2.1 Regional geologi, bergarter

I korthet ligger området i utkanten av en kaldera, en storskala ringformet innsynkning som inntraff i Perm-tiden. Innenfor kalderaen finnes vesentlig dypbergarter, og syenitt tilhørende denne kategorien utgjør berggrunnen fra påhugg sør frem til ca. profil 1800 i tunnelen. Syenitt er en krystallin bergart, som normalt utgjør god byggegrunn og som bl.a. er kilden til Franzefoss' dagbrudd i Bjønndalen.

Utenfor kalderaen ligger det lagvise skifre fra Kambro-Silur-tiden, oppå et penepian (grunnfjell) av gneis. Fra ca. profil 1800 til 2500 går tunnelen i kalkskifer/hornfels, en omdannet kalkstein. Bergarten er beskrevet som lagdelt med veksling mellom tykkere og tynnere skiferlag, og gir

normalt tilsvarende gode forhold for tunneldrift som syenitt.

Mellom denne lagserien og grunnfjellet finnes en sekvens av alunskifer/hornfels, som er en omdannet leirskifer. Den er beskrevet som normalt sterkt oppsprukket, og utgjør dårlig til meget dårlig byggegrunn for tunnel. Alunskifer/hornfels-sekvensen stryker inn under traséen med fall ca. 30° mot VNV og berører høyst sannsynlig ikke tunnelen. Grensen mot kalkskifer/hornfels er imidlertid noe usikker pga. foldning, og at tunnelen kommer i en viss berøring med alunskifer/hornfels kan derfor ikke utelukkes helt. Dersom tunnelen legges dypere i terrenget, øker sannsynligheten for å komme i berøring med alunskifer/hornfels.

Ganger av diabas og mænaitt forekommer, hovedsakelig i de kambro-silurske skifrene. Disse er mindre fordelaktige for tunneldrift pga. normalt meget høy oppsprekning og mulighet for vannlekkasje.

2.2 Oppsprekning og svakhetssoner

Kaldera-dannelsene i Perm-tiden er blant de mest komplekse geologiske hendelser i Norges regionale geologi, assosiert med kompliserte sprekke- og forkastningsdannelser. Langs den gjenstående del av tunnelen er det beskrevet et antall, hovedsakelig steile, svakhetssoner i varierende retninger. Få soner synes å være særlig gjennomsettende eller mektige. De fleste sonene krysser tunnelen med gunstig vinkel. Kontakten mellom syenitt og kalkskifer/hornfels trer ikke markant frem verken i terrenget eller på flyfoto.

Detaljoppsprekningen i syenitt viser to steiltstående og ett flattliggende hovedsprekkesett, som vist ved sprekkerose på tegning 01. Sprekkene er generelt bølgete og har ofte noe friksjonsnedsettende belegg.

Oppsprekningsgraden i kalkskifer/hornfels er vekslende, fra massive benker til mer lagdelte partier. Tre hovedsprekeretninger forekommer, som vist ved sprekkerose på tegning 02. Sprekkene er ofte glatte og har hakkete forløp.

Det forekommer mindre slepper og sleppesoner med og uten leire i begge bergarter.

2.3 Løsmasser

Terrenget i området må sees i lys av at øvre marine grense (MG) ihht. NGUs kvartærgeologiske kart ligger på 215-220 m.o.h. i Oslo-området. Marine sedimenter forekommer over det meste av dalbunnen ved Nitelva, som ligger laver enn MG, og i avtagende tykkelse opp mot det aktuelle nivået. Over MG forekommer hovedsakelig tynt morenedekke (0-2 m) på fjell, med lokalt større mektighet i forsenkninger.

Mellom Hadelandsveien, Brennaveien og Bekkefaret preges terrenget av glatte svaberg, inne blant enkelte brattere koller. Terrengoverflaten varierer mellom ca. 195 og 215 m, dvs. at marine sedimenter kan finnes bevart i forsenkninger i området.

Ved påhugg sør ligger terrenget omkring kote 220-225 m. I påhuggsområdet er det utlagt en del fyllmasser som fyller opp en antatt tidligere åpen kløft til ca. kote 220. Fjelloverflaten under fyllmassene er usikker, men må antas å ligge så dypt at marine sedimenter kan være bevart i lokale forsenkninger.

2.4 Vannforhold

Terrenget over tunnelen gav ved befaringen inntrykk av å være generelt tørt og ha god avrenning, med unntak av lavpunktet ved Bekkefare, hvor det renner en middels stor bekk ned mot Hagan. Sør for Bekkefare flater terrenget ut over et mindre, men nokså vått, myrdrag. Dette draget utgjøres sannsynligvis av en svakhetsone.

I eksisterende tunnel er det observert hyppige vannlekkasjer. I drenggrøften, som har utløp til kum utenfor påhugg nord, renner det en klar strøm av vann. Lekkasje utgjøres hovedsakelig av dryppende vann spredt over større områder, men enkelte lekkasjepunkter med rennende vann forekommer også. Vestre løp synes å ha hyppigere og større innlekkasjer enn østre løp. Dette skyldes sannsynligvis at vestre løp i større grad enn østre har en drenerende virkning på det ovenforliggende fjellmassivet.

3. FJELLKONTROLLBORINGER

Fjellkontrollboringer er utført på to lavpunkter i terrenget over tunnelen, samt ved påhugg sør, i totalt 8 borpunkter. Boringene er utført av A/S Seismikk, borpunkter er innmålt ved påhugg sør av Scan Survey A/S.

Innledningsvis var 17 punkter valgt ut for mulig boring, men etter observasjon av fjellblotninger i området samt påvisning av tett beliggende kabler og ledninger m.v. i Bekkefare, ble dette antallet senere redusert til 12. Ved påhugg sør ble ytterligere 4 punkter ikke benyttet. Dette skyldes store vanskeligheter med å komme ned gjennom løsmasser som antas å bestå av grov stein (fyllmasser), iblandet armeringsjern, skrap e.l.l.

Tabell 1. Rapport - fjellkontrollboringer.

Punkt	Fra dyp	Til dyp	Masser	Merknad
1	0.0	1.5	Fyllmasser	Det kommer mye vann opp av borhullet mens fjellboringen pågår
	1.5	10.6	Leire/sand/stein	
	10.6	12.6	Fjell	
2	0.0	1.5	Fyllmasser	
	1.5	7.0	Leire/sand/stein	
	7.0	10.0	Fjell	
5	0.0	1.1	Fyllmasser	
	1.1	4.1	Fjell	
8	0.0	4.0	Ikke angitt	1.forsøk: Mistet 2 stenger m/krone 2.forsøk.
	0.0	4.6	Fyllmasser	
	4.6	7.6	Fjell	
10	0.0	4.0	Fyllmasser - stein	
	4.0	7.0	Fjell	
11	0	2.6	Fylling (mindre stein)	Det er mulig at fjellet begynner tidligere. Hvis dette er tilfelle, er fjellet sleppete. Avsluttet pga. hakkete rotasjon.
	2.6	20.6	Grov fylling	
	20.6	21.0	Fjell.	
12	0.0	9.5	Fyllmasse-stein.	Borgang røk.
14	0.0	4.1	Ikke angitt	1.forsøk: Måtte trekke opp, 1 stang bøyd. 2.forsøk: Stopp, mistet 2 stenger og 1 krone.
	0.0	4.3	Ikke angitt	

Det utførte antallet fjellkontrollboringer er mindre enn planlagt, men vurderes å være tilstrekkelig sett i lys av det aktuelle plan-nivået og resultatene som er oppnådd.

På tegning 01-02 er utførte boringer vist i plan og profil med resultater. Borrapport med kommentarer er gjengitt i tabell 1. Innmålte borpunkter som ikke ble utført, er vist for referanse.

4. STABILITET OG SIKRING, TUNNEL

Vurderinger av stabilitet og sikring er gitt i de eksisterende rapporter referert i kapittel 7, samt i ingeniørgeologisk rapport lagt til grunn for anbudet ved igangsatt driving i 1990-92. Nedenfor gis en sammenfatning, supplert med observasjoner fra befaringen i de utdrevne deler av tunnelen og med vurdering av kritiske punkter for den nåværende traséen.

4.1 Bergmassen generelt

Bergartene langs tunnelen og deres oppsprekning representerer en bergmasse som kan karakteriseres som brukbart tunnelfjell. Utenom markerte sleppe- og svakhetssoner ventes det liten forskjell i gjennomsnittlig sikringsomfang mellom de deler av tunnelen som drives i syenitt og i kalkskifer/hornfels.

De opptredende soner vurderes videre som relativt begrensede, men kan i kombinasjon med oppsprukket sidefjell og/eller vannlekkasjer gi behov for utvidet sikring. Omfattende sikring antas å bli nødvendig over en begrenset lengde av tunnelen og da særlig i tilknytning til punkter med lav fjelloverdekning kombinert med antatte svakhetssoner og vann. Påtreffes alunskifer, antas omfattende sikring nødvendig i dens fulle lengde. Sulfatresistent sement blir da nødvendig ved betongarbeider.

Ved befaringen i den utdrevne del av tunnelen, som går i kalkskifer/hornfels, ble det notert at utført grad av sikring synes å variere en del. Over et begrenset parti, etter eksisterende påhugg i vestre løp er det satt 1-2 bolter pr. lm tunnel i kombinasjon med 3-7 cm sprøytebetong i større deler av tverrsnittet, trolig som permanent sikring. Forøvrig er det i størstedelen av vestre og det meste av østre løp ikke installert noen sikring, kun utført rensk som arbeidssikring. På en del av disse stedene ble det observert spredte nedfall av småblokk (10-30 cm størrelse), mens ingen partier med direkte dårlig stabilitet kunne påvises.

Sammenlignes sprekke- og sleppeobservasjoner i den utdrevne del av tunnelen med prognosene i den tidligere ingeniørgeologiske rapporten, er det forholdsvis begrenset samsvar mellom disse, kun ca. 50-60% av de antatte svakhetssoner er registrert i tunnelen.

4.2 Lavpunkter i terrenget - overdekning

Tre områder langs tunnelen har en overdekning (fjell+løsmasser) mindre enn 10-15 m. I disse må det forventes utvidet sikringsomfang i forhold til bergmassen generelt.

Pågående industribygg, ca. profil 1450-1500

For utvidelse av eksisterende industribygg (lagerhall uten kjeller) er det sprengt en ca. 5-7 m høy fjellskjæring som vist omtrentlig på tegning 01. Antas det at byggegroppen er dypsprengt ca. 1 m under omtrentlig kote for gulv, vil fjelloverdekningen her for begge tunnellop bli ca. 9-10 m.

Fjellet i skjæringen er i sin helhet dagfjell, men viser normalt bra kvalitet utover en mindre sleppe i skjæringens østre hjørne. Forsiktig fremdrift og normal sikring antas tilstrekkelig for passering av

dette punktet, med mindre nevnte sleppe viser seg mer gjennomsettende enn det antas fra befaringen. I så fall antas utvidet sikring å bli nødvendig over en strekning på 5-10 m i begge løp.

Krokveien, ca. profil 1800

I området langs Krokveien er det observert fjell i dagen på flere steder, hovedsakelig som glatte svaberg under et begrenset jordlag/løsmassedekke. Arealet av hver fjellblotning er begrenset, og det kan derfor ikke utelukkes at fjelloverflaten har enkelte lokale forsenkninger. Sannsynligheten for dette vurderes imidlertid som liten. Én fjellkontrollboring er utført (punkt 5), og denne bekrefter at fjellet befinner seg like under dagen. I dette punktet vil tunnelen ha en total overdekning på ca. 11 m, hvorav ca. 9.5 m er fjell.

Området befinner seg relativt nær grensen mellom syenitt og kalkskifer/hornfels, og fjellet kan derav ventes å være noe tettere oppsprukket enn forøvrig. Vann- og iserosjon antas imidlertid å ha fjernet dårlig fjell fra overflaten, slik at det gjenstående har gjennomgående god kvalitet. For passering av området antas ingen særskilte tiltak påkrevet utover normale restriksjoner på sprengningsrystelser i boligområder. Forventet sikringsomfang er som normalt.

Bekkefaret, ca. profil 1975-2025

Bekkefaret er ifølge Veglaboratoriets rapport av februar 1988 (ref. 3) antatt å følge en NØ-gående svakhetsone i det underliggende fjellet, og ved en alternativ tunneltrasé ca. 100 m vest for nåværende kryssing antas det en fjelloverdekning på 10 m pluss 2 m løsmasser, totalt ca. 12 m.

Ut fra dette og observasjon av fjellblotninger, ble det utført to fjellkontrollboringer i området (hull nr 1 og 2), som avdekket uventet store løsmassemektigheter, hhv. 7.0 og 10.6 m. Dette gir tunnelen en fjelloverdekning på kun 2-3 m og total overdekning ca. 13 m over senterlinjen. Utfra fjelloverflatens beliggenhet i omkringliggende terreng, antas vestre løp å få en noe større fjelloverdekning enn østre løp.

Kryssingen under Bekkefaret ventes derfor å bli avgjørende for gjennomførbarheten av tunnelen selv om supplerende fjellkontrollboringer bekrefter at det finnes fjell over, til side for og imellom begge løp. Det forventes en betydelig anleggsteknisk vanskelighetsgrad ved kryssingen og meget høyt både midlertidig og permanent sikringsomfang.

Ved tunneldrivingen må det utføres rutinemessige sonderboring for kartlegging av overdekning, beliggenhet av svakhetssonen og vannforhold foran stoff. I borrapporten, tabell 1, er det rapportert at mye vann kommer opp fra hull nr. 1 ved fjellboringen, men dette kan trolig tilbakeføres til bekken som renner umiddelbart over. Artesisk vanntrykk i en tynn grushorison mellom finere løsmasser og fjell kan ikke utelukkes.

Det antas at forinjeksjon foran stoff kan bli nødvendig for begge tunnelløp når sonen skal passeres, både i selve sonen og over en strekning til begge sider for denne. Ved driving gjennom svakhetssonen må det tas særlige forholdsregler ved korte salvelengder, driving av ett løp av gangen og utstøping på stoff. I verste fall, dvs. hvis løsmasser påtreffes i nivå med tunnelhengen, kan det bli aktuelt med frysestabilisering som midlertidig sikring.

4.3 Sikringsanslag

Basert på observerte fjellforhold i utdrevne del av tunnelen og utført sikring i denne, tidligere ingeniørgeologiske rapporter, befaring langs aktuell trasé og grunnboringer, anslås en total mengde permanent sikring i begge løp fra påhugg sør til påhugg nord som fremgår av tabell 2.

Det fremheves at nåværende trasé har en relativt høy andel med liten overdekning. Overdekningen antas mer utslagsgivende for det totale sikringsomfanget enn de opptredende bergarter og soner.

For utsatt ferdigstilling av østre løp er tre alternative opplegg for driving og sikring vurdert:

- Alt. 1: Driving og full permanent sikring av begge løp nå
- Alt. 2: Driving av begge løp nå, full permanent sikring i vestre løp nå, redusert permanent sikring i østre løp nå, full permanent sikring i østre løp senere.
- Alt. 3: Driving og full permanent sikring i vestre løp nå. Driving og full permanent sikring i østre løp senere.

Tabell 2. Sikringsanslag for hele tunnelen i to løp, total lengde ca. 5080 m fra påhugg sør til påhugg nord. Prosentandel av total sikring som antas å medgå i første bygge-fase ved alternative opplegg for driving og permanent sikring i østre løp.

Sikringstype	Enhet	Totalt volum	Andel ved Alt. 1	Andel ved Alt. 2	Andel ved Alt. 3
Stabilitetssikring:					
Bolter (alle lengder)	stk	10.000	100 %	60 %	50 %
Fjellbånd	m	300	100 %	65 %	50 %
Nett	m ²	200	100 %	75 %	50 %
Sprøytebetong	m ³	6.000	100 %	65 %	50 %
Betongutstøping	m	65	100 %	100 %	50 %
Betongutstøpning red. salvelengde	m	35	100 %	100 %	50 %
Ekstra betong	m ³	400	100 %	100 %	50 %
Tetting					
Sonderboring	m	1.000	100 %	100 %	67 %
Injeksjon	skjerm	8	100 %	100 %	67 %
Vann og frost					
Betongelementer	lm	5.080	100 %	50 %	50 %

I kostnadsvurderingene i det følgende er fjellbånd og nett ikke regnet separat. Likeledes er det kun regnet én type av full utstøping.

5. STABILITET OG SIKRING, PÅHUGG SØR

5.1 Løsmasser, forskjæring

Som beskrevet foran, er det i påhuggsområdet utlagt en del fyllmasser, iblandet armeringsjern, skrap el.l. som fyller opp en antatt tidligere åpen kløft. Fjelloverflaten under fyllmassene er usikker, men må antas å ligge så dypt at marine sedimenter kan være bevart i lokale forsenkninger.

Dersom slike sedimenter (leire, silt) finnes i bunn av kløften, antas de ut fra topografien å ha begrenset utstrekning og mektighet. De utførte grunnboringene har ikke påvist forekomst av slike masser, men det hefter stor usikkerhet ved de av boringene som nådde ned til det aktuelle dypet.

Videre er det i berrapporten angitt at fjellflaten kan være påtruffet tidligere enn rapportert, men at fjellet i så fall er sleppete. Det er også sannsynlig at boret kan ha skrenset mot en steil fjellflate og således gi inntrykk av større løsmassedyp enn anført.

Etableringen av forskjæring til påhugg for begge tunneler antas å medføre utgraving og planering av eksisterende fyllmasser, inkludert en del grunn sprengning i profilet spesielt ved vestre kjørefelt. Eksisterende Rv. 4 med tilliggende G/S-vei må legges om under anleggsperioden. Lokal forbindelse til Hagan kan føres over ny Rv. 4 på et forlenget portalbygg fra fjellpåhugget. Fundamenteringsforholdene for et slikt portalbygg bør verifiseres ved supplerende grunnboringer i massene under eksisterende fylling.

Det anmerkes at det i påhuggsområdet synes å være en del mindre uoverensstemmelser mellom kartgrunnlaget og terrenget. Dette bekreftes av innmålingen av borpunkter. Reviderte terrengkoter er angitt på tegning 01.

5.2 Påhugg, fjellforhold, sikring

Påhugg for tunnelen antas etablert ved ca. profil 1190, litt tidligere i vestre løp enn i østre. Fjelloverflaten er relativt steil, og det antas ikke behov for omfattende sprengningsarbeider over selve påhugget. I løpet av en kort strekning vil det oppnås en fjelloverdekning på ca. 4-5 m, som normalt vurderes som tilstrekkelig i påhugg.

Basert på observasjoner av fjellkvalitet i eksisterende skjæring langs Rv. 4, vurderes fjellforholdene i påhuggsområdet som rimelig brukbare, men ikke direkte gode. I skjæringen forekommer en del mindre slepper og sprekkesoner, og fjellet synes noe tettere oppsprukket enn observert på andre steder. Det antas nødvendig med normal til tett forbolting og sprøytebetong som midlertidig sikring av påhugget. Som permanent sikring antas det nødvendig med et kort portalbygg i betong, som evt. kan forlenges som nevnt over for fremføring av lokal vei til Hagan.

Det noteres at eksisterende påhugg nord er arbeidssikret med ca. 3 cm sprøytebetong og ca. 30 bolter, og viser rimelig gode stabilitetsforhold ca. 3 år etter utdriving av eksisterende tunnel.

En langsgående, mindre svakhetsone kan gi ugunstige stabilitetsforhold i en del av tunnelvernsnittet over de første ca. 50-100 m av vestre løp, samt en mindre del av østre løp noe lenger inn i tunnelen. Belliggende i dagfjellssonen, med liten overdekning og i en bergart som forventes å ha en del horisontale sprekker, antas det nødvendig med lokalt forsterket sikring, men ingen generelt tyngre sikring i området.

6. KONSEKVENSER VED SENERE DRIVING AV ØSTRE LØP

6.1 Anleggstekniske forhold

Ved utdriving av østre løp etter at vestre løp er åpnet for trafikk, vil følgende forhold gjøre seg gjeldende i større eller mindre grad avhengig av hvor mange års tidsforskjell som kommer imellom arbeidene med de to løp og hvor stor del av forskjæring/påhugg som gjennomføres i den første fase:

- Revidert prosjektering, anbudsdokumenter, anbudskonkurranse, kontrakt med entreprenør
- Ny tilrigging for entreprenør og evt. byggherre
- Driving av ca. 2230 m tunnel ved enstuffsdrift, som er mindre effektiv enn veksel-drift mellom to løp. Vestre løp kan muligens utnyttes til mer effektiv ventilasjon av østre løp, men gevinsten av dette vurderes som liten. Ved driving av to løp ved veksel-drift er det nedenfor regnet at løp nr. 2 vil ha en ca. 15 % lavere sprengnings-

pris (inkl. utlasting) enn løp nr. 1.

- Ved senere utdriving av østre løp forutsettes det at samtlige tverrslag er etablert under drivingen av vestre løp og at disse må sperres av slik at sprengningsgjennomslag, støv o.l. ikke påvirker pågående trafikk i utilbørlig grad. Avhengig av entreprenørens maskinvalg, kan enstuffsdrift føre til større behov for snunisjer enn vekseldrift.
- Vanntetting ved injeksjon under det kritiske lavpunktet ved Bekkefareet vil bli mindre effektiv utført i to omganger enn i én. Injeksjon av bergmassen i profilet for østre løp utført ved drivingen av vestre vil bli sprengt vekk.
- Ved igangsetting av toveis trafikk i vestre løp alene, øker behovet for havarinisjer, m.v. i dette. Det antas derfor nødvendig å sprengte ut et større volum fjell i dette løpet enn hvis begge løp ble drevet samtidig.
- Arbeider som følger etter driving, dvs. grøfte- og drensarbeider, vegbygging, montering av vann/frostsikring og elektro/sikkerhetsutstyr, drar stor nytte av å kunne utføres samtidig på ulike steder, som er mulig i en dobbeltløpet tunnel. Den mulige tidsbesparelsen (i.e. byggetid per tunnelmeter) er vesentlig sammenlignet med nødvendig tid for de samme arbeider i en enkeltløpet tunnel.

Som et sentralt moment er avstanden mellom løpene ved senere driving av østre løp vurdert. Det er tatt utgangspunkt i avstanden mellom de allerede utdrevne tunneler med tverrsnitt T9 (bredde ca. 10 m) er på ca. 10 m. Videre er det antatt at av en total gjenstående tunnellengde på 4260 m (enkeltløp), vil høyst ca. 20 % kunne utføres som tilnærmet fri sprengning, mens de øvrige ca. 80% vil bli pålagt rystelsesrestriksjoner pga. nærliggende bebyggelse. Rystelsesrestriksjonene vil hovedsakelig medføre "normalt" forsiktig sprengning, men også en del "særlig" forsiktig sprengning ved korte avstander mellom bygninger og tunnel kan bli aktuelt.

I partier med tilnærmet fri sprengning i østre løp, antas rystelser (vertikal svingehastighet) i vestre løp å bli i størrelsesorden 2-300 mm/s, som er noe høyere enn en vanlig brukt grenseverdi på rundt 150 mm/s for å unngå skader på armerte betongkonstruksjoner på fjell, men vesentlig mindre enn 300-600 mm/s, som er rapportert å danne nye riss i fjell. I dette tilfellet vil det rent teknisk være en viss fordel ved å øke pillartykkelsen med 3-7 m som et alternativ eller supplement til forsiktig sprengning. En slik økning av pillartykkelsen antas av kurvaturhensyn å måtte gjøres over en lengre strekning, hvilket medfører vesentlig økt total tverrslagslengde samt økt total lengde av vestre løp. Det østre løpet bør ikke flyttes lenger mot øst pga. kryssingen under Bekkefareet. Totalt sett vurderes derfor besparelsen ved økt pillartykkelse som marginal, om i det hele tatt positiv.

I partier med "normalt" forsiktig sprengning i østre løp (med minste avstand til bebyggelse på ca. 50 m), vil rystelsene i vestre løp bli i størrelsesorden 150 mm/s. Ved "særlig" forsiktig sprengning, som er påkrevet i partier der avstanden til bebyggelsen er ned mot 15-20 m, vil ytterligere reduserte ladningsmengder gi rystelser i vestre løp vesentlig under hva som kan antas skadelig for aktuelle installasjoner. I det vesentligste av tunnelen, vil det derfor være lite, om noe, behov for å øke pillartykkelsen mellom de to løp.

6.2 Kostnader ved alternative driveopplegg

De samme tre hovedalternativ for driving og sikring av begge tunnellop som beskrevet over, er vurdert.

Kostnadsanslaget omfatter i detalj sprengning, stabilitetssikring og vann/frostsikring, mens antatte

kostnader for grøfting/kummer, vegbygging og elektro/sikkerhetsinstallasjoner per meter tunnel er tatt med for å gi et utfyllende og korrekt sammenligningsgrunnlag mellom alternativene. Kostnadsanslaget omfatter derfor også et tillegg for ekstra vakthold, trafikkregulering etc. ved alternativ 3. Det er gjort et generelt tillegg for rigg og drift med varierende prosentsetning for de tre alternativ.

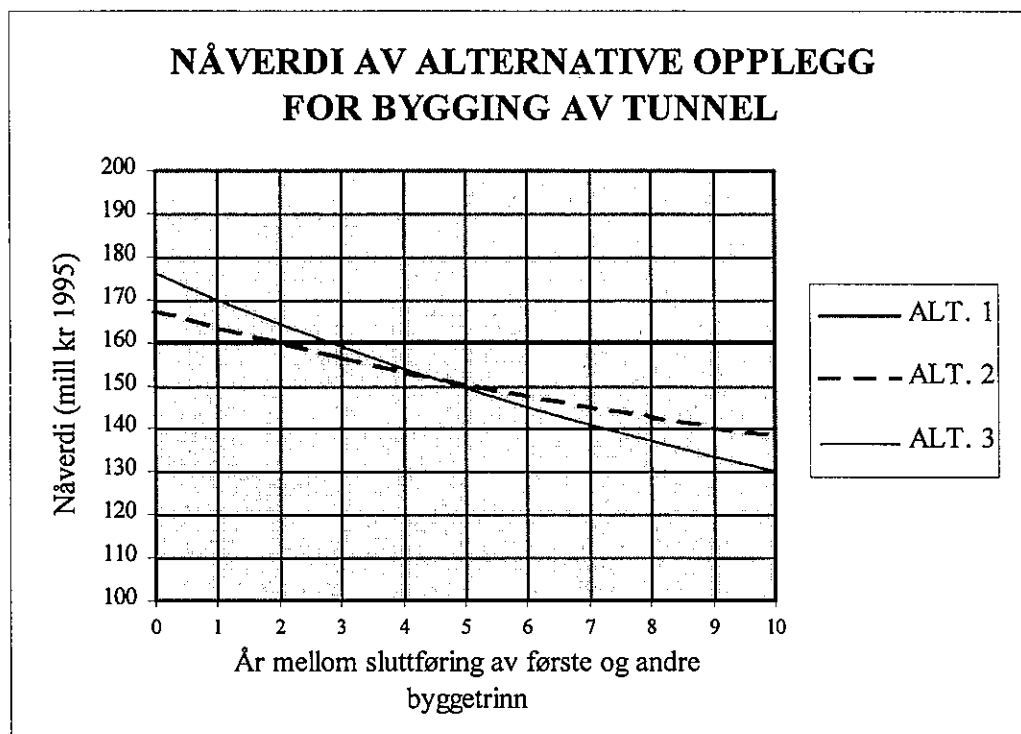
Kostnadsanslaget omfatter ikke kostnader for forskjæringer og evt. portalbygg eller til veganlegg på begge sider av tunnelen. Prosjektering og byggeledelse er heller ikke inkludert.

Kostnadsanslaget inkluderer mva. og forutsetter 4 % realrente i byggetiden (i.e. korrigert for prisstigning). Kostnad for arbeider som utsettes ved senere fullføring av østre løp, er ned-diskontert til en sammenlignbar nåverdi pr. 1. januar 1995 under en kapitaliseringsfaktor på 7%.

Detaljer fra kostnadsanslaget fremgår av bilag 1-3, mens resultat av nåverdiregningen er sammenfattet i tabell 3 og vist grafisk i figur 1.

Tabell 3. Nåverdiutvikling av kostnader for ferdigstillelse av tunnel ved alternative opplegg for driving og sikring.

År	Faktor	ALT. 1	ALT. 2	ALT. 3	1 nå	1 sen	2 nå	2 sen	3 nå	3 sen
0	1,000	160,4	167,4	176,1	160,4	0,0	108,1	59,3	82,6	93,6
1	1,070	160,4	163,5	170,0	160,4	0,0	108,1	55,4	82,6	87,5
2	1,145	160,4	159,9	164,3	160,4	0,0	108,1	51,8	82,6	81,7
3	1,225	160,4	156,5	158,9	160,4	0,0	108,1	48,4	82,6	76,4
4	1,311	160,4	153,3	154,0	160,4	0,0	108,1	45,3	82,6	71,4
5	1,403	160,4	150,3	149,3	160,4	0,0	108,1	42,3	82,6	66,7
6	1,501	160,4	147,6	144,9	160,4	0,0	108,1	39,5	82,6	62,4
7	1,606	160,4	145,0	140,8	160,4	0,0	108,1	36,9	82,6	58,3
8	1,718	160,4	142,6	137,0	160,4	0,0	108,1	34,5	82,6	54,5
9	1,838	160,4	140,3	133,5	160,4	0,0	108,1	32,3	82,6	50,9
10	1,967	160,4	138,2	130,1	160,4	0,0	108,1	30,2	82,6	47,6



Figur 1. Nåverdiutvikling av entreprisestnader for ferdigstillelse av tunnel ved alternative opplegg for driving og sikring/vegbygging.

Av fremstillingen i figur 1 fremgår det at hvis det påregnes mindre enn ca. 1,75 år mellom åpning av vestre løp og slutføring av østre løp, vil det være kostnadmessig mest fordelaktig å ferdigstille begge løp under ett, dvs. etter alternativ 1.

Dersom det påregnes å gå fra ca. 1,75 til ca. 4,5 år fra åpning av vestre løp til ferdigstillelse av østre løp, vil det være kostnadmessig mest fordelaktig å foreta utbyggingen etter alternativ 2, dvs. sprengning av begge løp i første fase med utsettelse av permanent sikring, vann/frostsikring, vegbygging etc.

Dersom det påregnes å gå mer enn ca. 4,5 år mellom åpning av vestre løp til ferdigstillelse av østre, vil det kostnadmessig være mest fordelaktig å utsette hele østre løp inkludert sprengning.

Utbygging etter alternativ 3 har kostnadmessig lavere nåverdi enn alternativ 1 dersom østre løp det går mer enn ca. 2,75 år mellom byggingen av de to løp.

Det presiseres at samfunnsøkonomiske betraktninger samt miljømessig nytte ved f.eks. å unngå to anleggsperioder for beboerne i området, ikke er vurdert i beregningen over.

6.3 Trafikkmessige forhold, naboforhold

Trafikkmessig vil senere driving av østre løp medføre at trafikken i vestre løp stoppes ved avfyring av samtlige salver i østre løp. Dette medfører veireguleringer, varslingspersonale og begrensninger på sprengningstidspunkt.

Etter salvesprengning vil det før tunnelen åpnes for trafikk, måtte foretas kontroll i vestre løp av rystelsesfølsomme installasjoner slik at skader på passerende trafikk unngås. Dersom fjelloverflaten i vestre løp tildekkes helt med vannsikring, noe som vurderes som sannsynlig utfra de observerte lekkasjer, vil en ikke kunne observere med sikkerhet hvilken virkning senere sprengning av østre løp har på det vestre.

Utover de rent trafikkmessige forhold, vil senere utdriving av østre løp medføre en ny anleggsperiode på i størrelsesorden 1/2 år for berørte bolighus og næringseiendommer, med mulige krav om gjentatte eiendomsbesiktigelses m.v. Samfunnskostnaden ved senere utdriving av østre løp er ikke vurdert ovenfor, men bør tas med som en vesentlig faktor ved den endelige vurderingen av ovenstående alternativer.

7. REFERANSER

1. Veglaboratoriet (15. november 1989):
Omlegging av Rv. 4 Oslo grense - Slattum. Supplerende undersøkelser ved de ulike alternativer. Oppdrag nr. C-756A Rapport Nr 7.
2. Veglaboratoriet (Desember 1988):
Videre geologiske undersøkelser i forbindelse med omlegging av Rv. 4 Oslo grense - Slattum. Oppdrag nr. C-756A Rapport Nr 5.
3. Veglaboratoriet (Februar 1988):
Omlegging av Rv. 4 Oslo grense - Slattum. Geologisk overflatekartlegging. Oppdrag nr. C-756A Rapport Nr 2.

BILAG 1:

KOSTNADSANSLAG ALTERNATIV 1:

Driving av begge løp nå,

Installasjon av full permanent sikring, vann/frostsikring og bygging av veg i begge løp nå.

Alt 1	Mengde	Enhet	Enhetspris	Kostnad nå	Kostnad senere
			kr	(1000 kr)	(1000 kr)
Foran stuff					
Sonderboring	1000	m	50	50	
	0	m	70		0
Injeksjon	8	skjerm	50000	400	
	0	skjerm	60000		0
				450	0
Sprengning					
vestre løp	2040	m	8000	16320	0
østre løp	2230	m	6800	15164	0
tverrslag	220	m	3000	660	0
havari-nisjer	10	stk	40000	400	0
				32544	0
Stabilitetssikring					
bolter	10000	stk	350	3500	
	0	stk	350		0
sprøytebetong	6000	m ³	2800	16800	
	0	m ³	2800		0
utstøpning	100	lm	25000	2500	
	0	lm	25000		0
				22800	0
Vann/frostsikring					
Betonghvelv	5080	m	9000	45720	
	0	m	9000		0
Øvrig					
Grøfter, kummer	5080	m	500	2540	
	0	m	500		0
Vegbane	5080	m	3000	15240	
	0	m	3000		0
Belysning, sikkerhet etc.	5080	m	2500	12700	
	0	m	2500		0
				30480	0
SUM				131994	0
Rigg og drift	15 %		påslag	19799	
	0 %		påslag		0
SUM				151793	0
Renter i byggetiden	4,0 %, # år		1,75	8587	
	4,0 %, # år		0		0
TOTAL SUM	Alt 1			160380	0

BILAG 2:

KOSTNADSANSLAG ALTERNATIV 2:

Driving av begge løp nå,

Installasjon av full permanent sikring og vann/frostsikring i vestre løp nå

Installasjon av arbeidssikring i østre løp nå,

Bygging av veg i vestre løp nå,

Utsatt installasjon av full permanent sikring og vann/frostsikring i østre løp,

Utsatt vegbygging i østre løp.

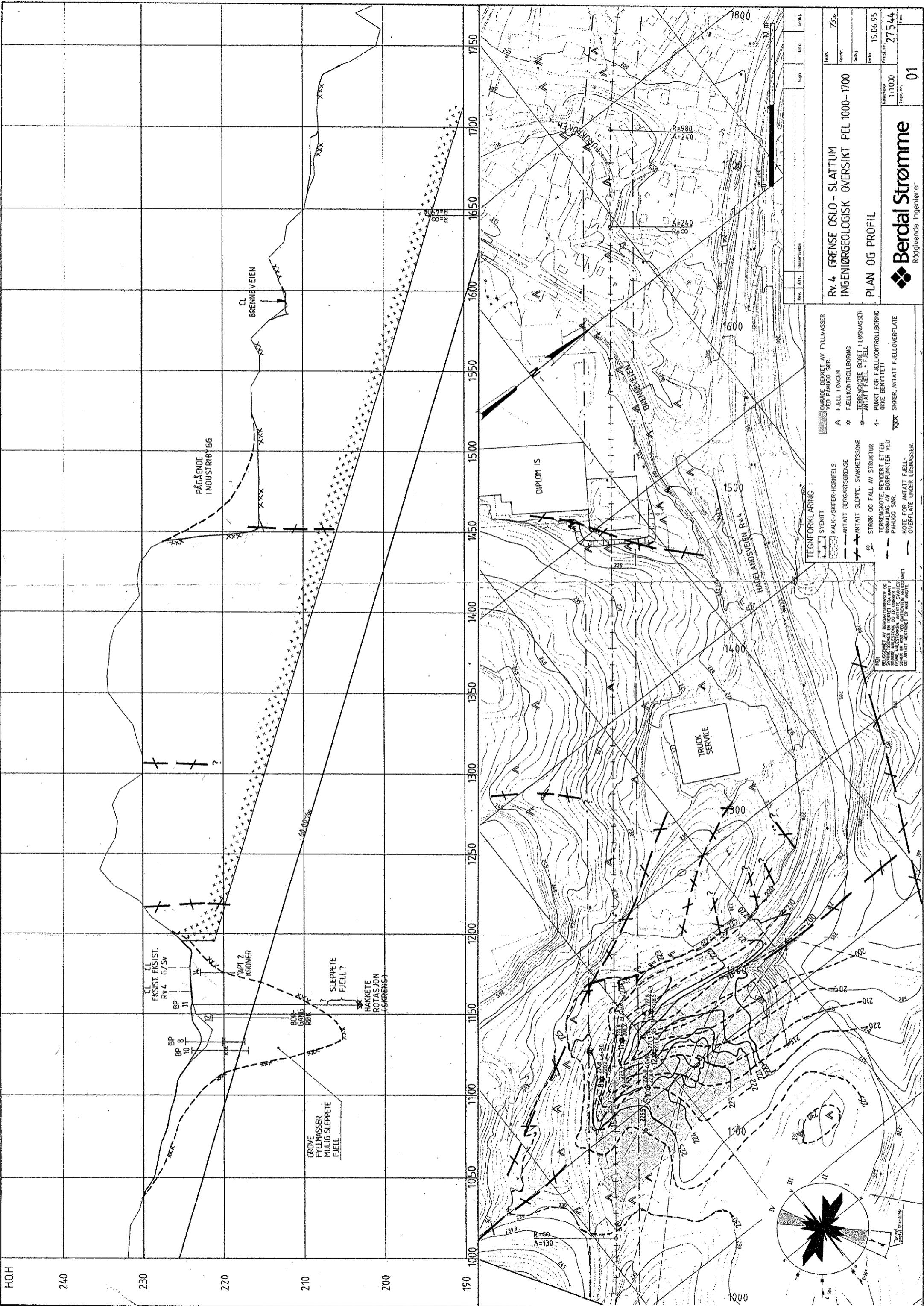
Alt 2	Mengde	Enhet	Enhetspris kr	Kostnad nå (1000 kr)	Kostnad senere (1000 kr)
Foran stuff					
Sonderboring	1000	m	50	50	
	0	m	70		0
Injeksjon	8	skjerm	50000	400	
	0	skjerm	60000		0
				450	0
Sprengning					
vestre løp	2040	m	8000	16320	0
østre løp	2230	m	6800	15164	0
tverrslag	220	m	3000	660	0
havari-nisjer	12	stk	40000	480	0
				32624	0
Stabilitetssikring					
bolter	6000	stk	350	2100	
	4000	stk	400		1600
sprøytebetong	4500	m ³	2900	13050	
	1500	m ³	3300		4950
utstøpning	100	lm	25000	2500	
	0	lm	25000		0
				17650	6550
Vann/frostsikring					
Betonghvelv	2540	m	9600	24384	
	2540	m	10000		25400
Øvrig					
Grøfter, kummer	2540	m	500	1270	
	2540	m	600		1524
Vegbane	2540	m	3000	7620	
	2540	m	3200		8128
Belysning, sikkerhet etc.	2540	m	2500	6350	
	2540	m	2700		6858
				15240	16510
SUM				90348	48460
Rigg og drift	15%		påslag	13552	
	20%		påslag		9692
SUM				103900	58152
Renter i byggetiden	4,0%	# år	1,50	4156	
	4,0%	# år	1,00		1163
TOTAL SUM	Alt 2			108056	59315
				167371	

BILAG 3

KOSTNADSANSLAG ALTERNATIV 3:

Driving av vestre løp med installasjon av full permanent sikring, vann/frostsikring og vegbygging nå,
 Utsatt bygging av hele østre løp.

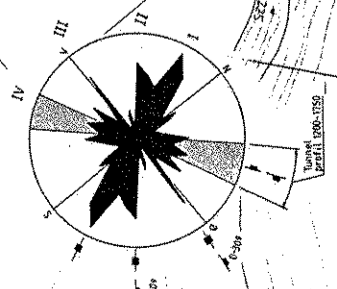
Alt 3	Mengde	Enhet	Enhetspris kr	Kostnad nå (1000 kr)	Kostnad senere (1000 kr)
Foran stuff					
Sonderboring	700	m	50	35	
	300	m	70		21
Injeksjon	7	skjerm	50000	350	
	5	skjerm	60000		300
				385	321
Sprengning					
vestre løp	2040	m	8000	16320	0
østre løp	2230	m	8000	0	17840
tverrslag	220	m	3000	330	330
havari-nisjer	12	stk	40000	240	240
				16890	18410
Stabilitetssikring					
bolter	5000	stk	375	1875	
	5000	stk	375		1875
sprøytebetong	3000	m ³	3000	9000	
	3000	m ³	3000		9000
utstøpning	50	lm	25000	1250	
	50	lm	25000		1250
				12125	12125
Vann/frostsikring					
Betonghvelv	2540	m	9600	24384	
	2540	m	9600		24384
Øvrig					
Grøfter, kummer	2540	m	500	1270	
	2540	m	600		1524
Vegbane	2540	m	3000	7620	
	2540	m	3200		8128
Belysning, sikkerhet etc.	2540	m	2500	6350	
	2540	m	2700		6858
				15240	16510
Ekstra vakthold, trafikkreg.		R.S.		0	2000
SUM				69024	73750
Rigg og drift	15	%	påslag	10354	
	17,5	%	påslag		12906
SUM				79378	86656
Renter i byggetiden	4,0	%, # år	1,50	3175	
	4,0	%, # år	2,00		6933
TOTAL SUM	Alt 3			82553	93589
				176141	



TEGNFORKLARING:

[Symbol]	OMRÅDE DEKRET AV FYLLMASSER VED PÅGÅGG SØR.
[Symbol]	SVENITTE
[Symbol]	KALK-/SKIER-HORNFELS
[Symbol]	ANTATT BERGARTSGRENSE
[Symbol]	ANTATT SLEPPE, SVAKHETSZONE
[Symbol]	STRØK OG FALL AV STRUKTUR
[Symbol]	TERRENNGRØTTE, REVIDERT ETTER ANBLING AV BOPPUNKTER VED PÅGÅGG SØR.
[Symbol]	KOTE FOR ANTATT FJELL-OVERFLATE UNDER LØSMASSER.
[Symbol]	FJELL I DAGEN
[Symbol]	FJELLKONTROLLBORING
[Symbol]	TERRENNGRØTTE BORET I LØSMASSER
[Symbol]	ANTATT FJELL - FJELL
[Symbol]	PUNKT FOR FJELLKONTROLLBORING (IKKE BENYTTET)
[Symbol]	SKIKER, ANTATT FJELLOVERFLATE

BELEGGMÅT AV BERGARTSGRENSE OG SVAKHETSZONER ER BORET FOR ÅPNE SVAKHETSZONER, ANTATT SVAKHETSZONER, ANTATT SVAKHETSZONER OG ANTATT SVAKHETSZONER.



Rv. 4 GRENSE OSLO - SLATTUM
INGENIØRGEOLOGISK OVERSIKT PEL 1000 - 1700
PLAN OG PROFIL

Utskrevet: 15.06.95
 Tegning: 27.5.44
 Skala: 1:1000
 Tegning: 01

