

GK 100 45,4

Dok.nr: UB.10701-000 Rev:.....

JERNBANEVERKET REGION NORD
HOVEDPLAN HELL - HOMMELVIK
GEVINGÅSEN TUNNEL
INGENIØRGEOLOGISK OG ANLEGGSTEKNISK
VURDERING TRASEALTERNATIV 4

Rapport 2370.01 03.04.1998

UB.10701-000



O. T. B L I N D H E I M

**HOVEDPLAN HELL - HOMMELVIK, GEVINGÅSEN TUNNEL
INGENIØRGEOLOGISK OG ANLEGGSTEKNISK VURDERING
TRASÉALTERNATIV 4**

Innholdsfortegnelse	Side
1. RAPPORTENS HENSIKT	2
2. SAMMENDRAG	2
3. INGENIØRGEOLOGISKE FORHOLD	3
3.1 Utførte undersøkelser	
3.2 Ingeniørgeologisk sammendrag	
3.3 Ingeniørgeologiske observasjoner E-6 tunnelen	
3.4 Grunnvannsforhold	
3.5 Løsmasseforhold	
3.6 Vurdering av lekkasjeproblematikk	
4. ANLEGGSTEKNISKE FORHOLD	7
5. TRASÉVURDERINGER	10
6. VIDERE UNDERSØKELSER	10
7. KOSTNADSBEREGNINGER	11
7.1 Traséalternativ 4	
7.2 Sammendrag alle traséalternativ	
8. REFERANSER	14

Tegninger

Tegning nr. 2370.01	Kart over løsmasseforhold, målestokk 1:20.000 (nedfotografert).
Tegning nr. 2370.02	Oversikt geologiske strukturer, målestokk 1:20.000.

Vedlegg

Vedlegg nr. 1	Risikoanalyse vannlekkasjer. Notat datert 31. mars 1998.
---------------	--



1. RAPPORTENS HENSIKT

Rapporten omtaler ingeniørgeologiske og anleggstekniske forhold av betydning for linjeutredning mellom Hommelvik og Hell. I forbindelse med hovedplan for ny tunnel er det utarbeidet flere forskjellige traséalternativer.

Det er tidligere gjort prosjektering på hovedplannivå for tre av disse traséalternativene. Dette ble rapportert i vår rapport datert 20.08.94, [Ref. 1]. Det vises til [Ref. 1] for hovedplan for nærmere detaljer vedrørende trasé-alternativene 1 til og med 3 og som inngår som vedlegg til Hovedplan for Hell-Hommelvik. Foreliggende rapport er begrenset til å omfatte et fjerde alternativ. En revidert tunneltrasé er blitt utarbeidet i etterkant av hovedplanen fra 1994. Denne traseen er betegnet som alternativ 4.

2. SAMMENDRAG

Det er blitt utarbeidet et traséalternativ 4 for jernbanetunnel mellom Hommelvik og Hell. Etablering av forskjæringer og påhugg vil være i antatte, gunstige lokaliseringer.

Det er gjort en anleggsteknisk vurdering som ikke avdekker spesielle vanskeligheter forbundet med traséalternativ 4 sammenliknet med de andre alternativene. En kryssing av eksisterende rørtunnel til Fina-anlegget vil bli gjennomført med en horisontal fjellpilar på 4 m. Dette vil kunne medføre visse ekstra tiltak under driften.

Supplerende grunnundersøkelser er blitt gjort i et parti der tunneltraseen passerer et topografisk lavbrekk. Resultatene viser en minste fjelloverdekning på ca 8 m for alternativet med enkeltspor. Tunnelen kan antas å kunne drives på tilnærmet normal måte i dette partiet, men bergmassekvaliteten må klarlegges ved hjelp av kjerneboringer. Noen ekstra tiltak må forventes og usikkerheten i kostnadsoverslagene er større for dette partiet av tunnelen.

Det antas at tunnelen drives konvensjonelt med boring og sprengning. Med den stive linjeføringen og de antatt «bløte» bergartene kan driving av tunnelen (enkeltspor-alternativet) med fullprofilboring ha visse fordeler. Et forprosjekt bør gjennomføres for å avklare mulighetene for dette.

Et kostnadsoverslag er utarbeidet for konvensjonelt drevet tunnel. Dette inkluderer kostnader forbundet med sprengning og sikring av tunnelen, masseflytting, etablering av påhugg samt kompletterende arbeider som vann og frostsikring, portaler etc. Kostnadstallene er beregnet på 1994-nivå slik at de er sammenlignbare med tidligere overslag for andre alternative traseer. Traséalternativ 4 får følgende kostnadstall: 173 og 137 mill kr. for henholdsvis dobbelt- og enkeltspors tunnel. Dette tilsvarer en løpemeterpris for tunnelen på omlag 38.600 kr med usikkerhet +/- 3.800 kr og 30.600 kr med en usikkerhet på +/- 2.700 kr.

Risiko for bebyggelsen i Hommelvikområdet forbundet med vannlekkasjer er høy og vanntett utstøpning kan bli nødvendig. Kostnadene for dette er beregnet til ca 12 mill. kr, men med stor usikkerhet. Videre undersøkelser og vurderinger må gjennomføres.



3. INGENIØRGEOLOGISKE FORHOLD

3.1 Utførte undersøkelser

Det geologiske bakgrunns materialet som ligger til grunn for denne rapporten tilsvarende i store trekk det samme som var tilgjengelig for rapporten fra 1994.

Det har imidlertid vært nødvendig å gjøre en del tilleggsundersøkelser i forbindelse med kryssingen av et topografisk lavbrekk i området ved Langbekken, det vil si rett sør for Muruvika. Her ble det gjennomført fjellkontrollboringer og refraksjonsseismikk primært med hensikt å påvise tilstrekkelig fjelloverdekning over tunnelen. Undersøkelsen var nødvendig for å redusere usikkerheten knyttet til dette alternativet under prosjekteringen.

Det vises for øvrig til vår tidligere rapport [Ref. 1] for de beskrivelser som gjelder generelle forhold for området. Foreliggende rapport vil begrenses til å omfatte spesielle forhold i forbindelse med traséalternativ 4.

3.2 Ingeniørgeologisk beskrivelse

De generelle geologiske forholdene er presentert i vår rapport datert 20. august 1994, se [Ref. 1]. Disse er i utgangspunktet også relevant for traséalternativ 4. I tillegg vil det for traséalternativ 4 være enkelte spesielle forhold som vil påpekes.

Tunnelen vil hovedsakelig drives i de samme geologiske strukturene som gjelder for de andre traséalternativene og som er beskrevet i ovennevnte rapport, og som E-6 tunnelen er drevet i. De geologiske forholdene slik sett er vel kjente, likeledes deres betydning for sikring og driving av tunnelen.

Den markerte skrenten under Gevingåsen utgjør en bergartsgrense og skiller sannsynligvis leirskiferen og den mer kalkholdige sandsteinen man erfarte i E-6 tunnelen fra bergartene lenger vest.

Det partiet av tunnelen som skal drives i området vest for selve Gevingåsen vil imidlertid være noe forskjellig fra de andre alternativene og det som er kjent fra drivingen av E-6 tunnelen. Bergarten i det aktuelle området er i henhold til kartlegging gjort av NGU grågrønn fyllitt og gråvakke, [Ref. 4].

Ut fra de observasjoner man kan gjøre av svakhetssonen, hovedsakelig ved flyfototolkning, er det trolig en markert sone i NØ - retning mellom Muruvik og Bjørkli som skjærer området ved Langbekken. Videre antas det at en svakhetszone stryker langs foten av Gevingåsplatået, det vil si også i grove trekk i NØ - retning, begge forventes å være nært vertikale. Se for øvrig tegning nr. 2370.02.

Som det fremgår i vår tidligere rapport utgjør sistnevnte sone sannsynligvis en normalforkastning som er dannet ved en innsynkning av terrenget i nord. Det må forventes at tunnelen etter traséalternativ 4 vil krysse denne forkastningen.



Fjellkontrollboringer og refraksjonsseismikk i en topografisk forsenkning ved Langbekken avdekket en svakt skålformet fjelloverflate. Det er blitt registrert enkelte soner med lav hastighet for bølgeutbredelse som indikerer svakhetssoner i dette partiet.

Resultatene fra refraksjonsseismikken viser tre markerte soner med hastighet rundt 3.000 m/s, laveste hastighet er 2.600 m/s og høyeste 3.100 m/s, alle med bredde omlag 10 m. Disse lavhastighetssonene er detektert på et profil som er målt parallelt tunneltraseen. Tolket i sammenheng med antatte soner i kanten av Gevingåsplatået får disse en NV-retning.

Et seismikkprofil er gjennomført med retning normalt tunneltraseen. Dette profilet indikerer to lavhastighetssoner, begge med hastighet 2.700 m/s og med bredde omlag 5 m. Det er vanskelig å trekke disse sonene sammen med observasjoner i dagen eller på flyfoto. Det er og vanskelig å trekke sammenheng mellom de to profilene.

Disse profilene utgjør imidlertid en begrenset lengde. Utover det som er påvist i forbindelse med Langbekken kan det være ytterligere svakhetssoner i området vest for Gevingåsplatået.

3.3 Ingeniørgeologiske observasjoner i E-6 tunnelen

Den nye E-6 tunnelen som har sin trasé i hovedsak under selve Gevingåsplatået ble drevet ut i årene 1993 til 1995. Vi har fått stilt til vår disposisjon et geologisk sammendrag fra denne tunnelen, [Ref. 6]. Traséalternativ 4 vil ha en noe forskjellig linjeføring sammenlignet med E-6 tunnelen, men en del av de geologiske betingelsene vil være sammenfallende.

E-6 tunnelen, som i hele sin lengde er plassert i selve Gevingåsplatået, ble drevet i en bergmasse bestående av gråvakke og leirskifer som dominerende bergarter. Disse forekommer i vekslinger, også med innslag av fyllitt. Bergartene viser en varierende grad av foldning, men er overveiende sterkt foldet.

Bergartenes strøkretning varierer fra 0 - 40 °Ø. Bergartene er gjennomsett av markert flattliggende akseplanskiffrighet med varierende strøk, og med fall opp til 15 °.

Dominerende sprekkeretninger som ble påtruffet i tunnelen er steil oppsprekking i Ø-V retning samt N-S retning med visse variasjoner i både østlig og vestlig retning. I områder med flere kryssende sprekkese og fremtredende akseplanskiffrighet ble det stedvis observert utvikling av svakhetssoner.

Det ble registrert mindre svakhetssoner over en lengde som totalt utgjorde omlag 24 % av tunnelens lengde i henhold til [Ref. 6]. Type svakhetssoner er ikke definert i rapportene fra E-6 tunnelen. Svakhetssonene utløste imidlertid ikke bruk av såkalt tung sikring, men ble normalt håndtert ved tradisjonell anvendelse av sprøytebetong og bolter.



Under driving av E-6 tunnelen ble det for øvrig påtruffet én markert svakhetssone som medførte tung sikring, i form av full utstøpning over en strekning på 90 m. Dette var en knusningssone som strøk med retning langs tunnelaksen. Denne sonen kan være en del av systemet som er tilknyttet innsynkningen.

3.4 Grunnvannsforhold

Bergmassen gav ved driving av E-6 tunnelen generelt sett små vannlekkasjer over store deler av tunnelens lengde, [Ref. 6]. Det ble ikke påtruffet spesielt store lekkasjer, selv ikke i partier hvor tunnelen ble drevet i nærheten av vannmagasin i dagen. Heller ikke svakhetssonene gav vannlekkasjer av betydning. Dette indikerer at bergmassen generelt sett er ganske tett også uten soner med særlig høy permeabilitet, noe som samsvarer med de erfaringer man har med tilsvarende bergmasser i Trøndelagsområdet.

I løsmassene er det kun i området ved Langbekken der man har informasjon vedrørende grunnvannstanden. Det antydes høyt grunnvannsnivå og at det må forventes mating av grunnvannet fra fjellmassivet i øst. Mellomliggende silt og sandlag gjør at permeabiliteten i særskilte lag er høyere enn i de antatt tette leirmassene.

3.5 Løsmasseforhold

Løsmasser av betydning finnes under den marine grense ved Langbekken og Kiellandhaugen. Den marine grense når opp mot kote +180 moh i dette området. I området omkring Langbekken er det observert marine avsetninger til kote omlag +100. Dette er vist på tegning nr 2370.01.

Boringene ved Langbekken avdekket en løsmassemektighet som på det dypeste er inntil 33 m i selve traseen ved krysning av Langbekken. Dette tilsvarer laveste fjellkote ved omlag + 25 moh.

Basert på boringene ved Langbekken [Ref. 3] antas løsmassene å være godt konsoliderte, marine avsetninger, hovedsakelig leire lagdelt med silt- og sandlag. Massene har lavt vanninnhold. Dette indikerer at området tidligere har vært overlignet, trolig med betydelig tykkelse. De gjenværende massene kan representere eldre, marine avsetninger.

Et annet område med betydelig løsmassemektighet over tunneltraseen er ved Kiellandhaugen. Her ble det i 1994, [Ref. 5] gjort fjellkontrollboringer som viste omlag 14 m tykkelse av løsmassene. Laveste fjellkote ble registrert ved +32 moh.

I områdene hvor påhuggene er lokalisert er det forventet mindre løsmassemektigheter. En betongkulvert vil være påkrevet i forbindelse med kryssing under "gamle E-6". Ved påhugget i Hommelvik, nord for gamle E-6 stiger fjellet bratt på og det er svært tynt med løsmasser over fjellet her.



Påhugget på Hell kommer i en naturlig fjellskjæring øst for dagens jernbanetrasé. Fjellet i skjæringen stiger bratt på og gir fort en god fjelloverdekning. I fjellskjæringen er det imidlertid liten løsmasseoverdekning. Tunnelaksen skjærer imidlertid skjæringens strøkretning med spiss vinkel og således vil påhugget få en viss utstrekning.

I vedlegg til denne rapporten er det gjort en vurdering av løsmassenes betydning for vannlekkasjer inn i tunnelen samt en inndeling av traseen i forskjellige områder med hensyn på bonitet og bruk av overflatearealene.

3.6 Vurdering av lekkasjeproblematikk

Vedlegg 1 til denne rapporten presenterer de vurderingene som er blitt utført med hensyn på sannsynligheten for og konsekvensene av en eventuell grunnvannssenkning som følge av vannlekkasjer i tunnelen mellom Hommelvik og Hell. Det er blitt gjort en grov risikovurdering av påvirkningen på det omkringliggende miljøet til tunnelen. Vedlegget angir prinsipper for kontrollopplegg for å overvåke grunnvannssituasjonen og påvirkningen av terrenget over tunnelen under og etter byggingen.

Det er tildels stor mektighet med leire i området over den sørlige halvdel av tunnelen. Arealet benyttes til jordbruk og skogbruk, og det er en god del bebyggelse i form av bolighus. Disse områdene må anses å være ømfintlige for setninger som følge av grunnvannssenkning og poretrykksreduksjon i leirmassene. Selv små vannlekkasjer kan gi betydelige setninger over tid.

Selv om utmark og jord- og skogbruksområder også må underlegges en kritisk vurdering, er det de bebygde områdene øst for påhugget i Hommelvik som kan volde størst problemer. Dersom mye av bebyggelsen er fundamentert på leire/silt, kan omfattende tiltak bli nødvendig for å hindre eller redusere skadene på grunn av setninger. Kostnadsvurderingen som er vedlagt notatet, angir at kostnadene med tiltak for å hindre eller redusere skader pga setninger er ca 12 mill. kr. Det er da antatt 50 m med vanntett utstøpning, maksimalt 300 m. Det er stor usikkerhet i beregningene.

Etter vår vurdering kan traseen deles inn i 4 strekninger basert på grunnvannssituasjon og mulige konsekvenser.

Område	Risiko
Påhuggsområdet i Hommelvik med bebyggelse	Høy
Jord- og skogbruksområdet i Hommelvik (sørlige del av tunnelen)	Lav
Fjell og utmark på Gevingåsen	Svært lav
Spesielle områder, som for eksempel Fina-anlegget	Lav

Tabell 1. Risikovurdering i forskjellige områder p.g.a. vannlekkasjer inn i tunnelen, traséalternativ 4

I vedlegget er også beskrevet generelt de forskjellige tiltak som kan iverksettes mot vannlekkasjer og kontroll av grunnvannstand. Slike tiltak kan typisk være; injeksjon foran stoff, installasjon av infiltrasjonbrønner og vanntett betongutstøpning. For



kontroll av grunnvannstanden kan det være aktuelt å installere poretrykksmålere i løsmasser så vel som i bergmasser.

Det er videre nødvendig å gjøre en kartlegging av fundamenteringen av spesielt utsatt bebyggelse i en korridor fra påhugget ved Hommelvik og omlag 1 km fra påhugg. Se for øvrig vedlegg 1 for ytterligere detaljer.

4. ANLEGGSTEKNISKE FORHOLD

Jernbanetunnelen mellom Hommelvik og Hell og et alternativt sidespor til Muruvik er antatt drevet som konvensjonell boring og sprengning. Det antas at optimal drift kan oppnås ved å drive tunnelen på to stuffer samtidig, en fra Hell og en fra Hommelvik. Traséalternativ 4 gir også en mulighet for å kunne etablere tunneldriving fra sidesporet og åpne for drift på to nye stuffer, en i hver retning. En slik løsning er imidlertid ikke vurdert i denne rapporten.

I det følgende beskrives enkelte anleggstekniske forhold spesielt knyttet til traséalternativ 4 basert på driving med boring og sprengning. Det vises til [Ref. 1] vedrørende generelle anleggstekniske forhold for tunneler i dette området.

Kryssing Langbekken

Ved Langbekken er tunneltraseen prosjektert under et lavbrekk i terrenget. I området er det gjennomført fjellkontrollboringer og refraksjonsseismikk langs prosjektert linje. Undersøkelsene viser at det er en minste fjelloverdekning på omlag 8 m for enkeltspor tunnel, 7 m for dobbeltspor. En strekning på omlag 100 m forventes å ha en overdekning mindre enn 12 m. Det betyr at selve drivingen av tunnelen på det nærmeste kan foregå normalt. Det vil imidlertid være behov for å utføre enkelte tiltak over en viss strekning for å sjekke kvaliteten av bergmassen foran stoff. Sonderboring er for eksempel et slikt tiltak.

Som det fremgår av det seismiske profilet [Ref. 2] forefinnes flere lavhastighetssoner i dette området. Disse må betraktes som mulige svakhetssoner. Avhengig av disse sonenes beskaffenhet og bergmassekvaliteten generelt, må det påregnes behov for lokalt å utføre tyngre sikringsarbeider. Slike tyngre arbeider vil typiske være tykkere sprøytebetong og tettere boltemønster, forbolting, injeksjon foran stoff og i verste fall full betongutstøpning.

I vårt kostnadsoverslag er det lagt inn ekstra kostnader for sonderboring og øket mengde sikring i dette partiet.

Tunneldrift gjennom innsynkningssonen

Som beskrevet ovenfor ligger det sannsynligvis en forkastningssone i foten av Gevingåsplatået der en mulig innsynkning av det lavereliggende området kan ha funnet sted. På grunn av de mektige løsmasseavsetningene i området er det problematisk å anslå nøyaktig beliggenheten av denne sonen.



Sonen må imidlertid antas å medføre tiltak utover det normale opplegget med hensyn på driving og sikring. Slike typiske tiltak er beskrevet ovenfor. I kostnadsoverslaget er dette tatt inn.

Rystelseskontroll ved passering Fina-anlegget

Traséalternativ 4 er prosjektert med en minsteavstand på omlag 165 m til Fina-anlegget. Til sammenlikning er avstanden fra E-6 tunnelen til samme anlegg omlag 90 m.

Erfaringene fra drivingen av E-6 tunnelen viser at med spesifiserte krav til salveoppdeling er det fullt mulig å drive tett opp mot anlegget uten at skader inntreffer. Det ble i forbindelse med drivingen av E-6 tunnelen satt krav om maksimum rystelsesnivå på 10 mm/sek (svingehastighet).

Teknisk krever dette en utførelse der størrelsen på enhetsladningen kontrolleres ved hjelp av en utvidet nummerering av tennersystemet.

På forhånd må det utføres en tilstandsvurdering av det aktuelle anlegget og sprengningsarbeidene må følges opp med kontroll av rystelsene så lenge man driver i nærheten av anlegget.

En markert svakhetsone stryker i NØ-retning mellom Fina-anlegget og jernbanetunnelen. En slik sone vil normalt ha en dempende effekt på de vibrasjonene som settes opp i fjellet grunnet sprengningsarbeidene.

Grunnvannskontroll ved passering Fina-anlegget

Fina-anlegget er et drivstofflager i fjell som består av ståltanker der rommet mellom tank og fjelloverflate er tilbakefylt med betong. For E-6 tunnelen ble det satt krav fra Direktoratet for Brann- og Eksplosjonsvern (DBE) at grunnvannsnivået i bergmassen måtte opprettholdes med et nivå som er høyere enn tunneltaket.

Sålen i E-6 tunnelen ligger 13 m under topp væsknivå i tankene. Jernbanetunnelen ligger ytterligere i størrelsesorden 15 m under sålen i E-6 tunnelen. Senkning av grunnvannstanden kan oppstå og medføre en gradient mot jernbanetunnelen. Det forventes derfor at det vil gjøres gjeldende krav fra DBE at også jernbanetunnelen drives med krav til opprettholdelse av grunnvannstanden i bergmassen.

Et slikt krav vil medføre kontroll av tettheten i bergmassene i form av sonderboring med vanntapsmåling og forinjeksjon av bergmassen etter behov. Kontroll av grunnvannstanden i bergmassen kan også være påkrevet, se også vedlegg 1.

Det antas for øvrig at den nevnte sonen over som stryker i NØ-retning mellom Fina-anlegget og traséalternativ 4 også har innvirkning på den hydrogeologiske situasjonen i området. Grunnvannsregimet i området ved Fina-anlegget kan være atskilt fra den hydrogeologiske situasjonen i Gevingåsplatået.



Kryssing under rørtunnel til Fina-anlegget

Traséalternativ 4 vil medføre en kryssing under en rørtunnel mellom Fina-anlegget og Hell-stranda. Rørtunnelen har et tverrsnitt på omlag 10 m² og inneholder en stigereol med rørledninger. Stigereolen er festet til tunnelveggen med bolter, men antas å stå fritt på sålen i tunnelen.

E-6 tunnelen passerte samme rørtunnel med en avstand på 7 m. Det var her et krav at rystelsene ikke skulle overskride et nivå på 75 mm/sek.

Jernbanetunnelen vil ha en minsteavstand på teoretisk 4 m. Det innebærer dermed at spesielle tiltak må gjennomføres for å sikre en vellykket kryssing, det vil si bevare konturen i jernbanetunnelen og derved opprettholde en intakt fjellpilar mellom de to tunnelene. Typiske tiltak vil være slike som; forbolting, sprengning med krav til kontur og til boravvik, korte salvelengder samt spesifisering av maksimalt tillatte rystelser og oppfølging med måling av disse.

Det er og behov for en nøyaktig innmåling av Fina-tunnelen i kryssingspunktet, og da spesielt for å gjøre rede for det laveste punktet av sprengt såle i denne tunnelen.

Nærhet til E-6 tunnelen

Traséalternativ 4 vil i et parti mellom kryssing av E-6 tunnelen og horisontalkurven mot påhugget ved Hell ha en linjeføring som er nært parallell med E-6 tunnelen. Avstanden varierer, ved kryssingspunktet der det er en vertikal avstand på omlag 15 m som skiller de to tunnelene til en avstand i horisontalplanet på omlag 90 m i partiet der de to tunnelene er parallelle.

Et krav til maksimalt tillatt nivå på rystelsene bør imidlertid fastsettes. Et slikt krav bør være i størrelsesorden 10 mm/sek målt i E-6 tunnelen. Med en avstand på omlag 90 m syntes det ikke å være spesielle tiltak som behøves gjennomført med unntak av måling av rystelser.

Derimot vil det i det partiet der avstanden mellom de to tunnelene reduseres gradvis være behov for tiltak. Avstanden vil som sagt ikke være mindre enn omlag 15 m og således vil ikke en slik passering by på særlige vansker med hensyn på stabiliteten i tunnelene. Det synes derfor som om det vil være behov for moderate tiltak, men at det legges inn skjerpelser i det normale drivemønsteret så som; reduserte ladninger, rystelseskontroll og forbolting, justert i henhold til de lokale fjellforhold. Trafikksituasjonen må imidlertid vurderes og tiltak slike som; varsling ved sprengning og informasjon til trafikantene bør iverksettes, samtidig bør omdirigering av trafikken i enkelte tilfeller vurderes.

Tunneldrift med TBM

Alternativt kan det være en mulighet å gjennomføre prosjektet med en tunnelbormaskin (TBM), og da spesielt knyttet til løsningen med enkeltspor. En løsning med dobbeltspor vil sannsynligvis kreve et tverrsnitt som blir uhensiktsmessig stort for en TBM.



Driving med TBM har visse fordeler sammenlignet med konvensjonell boring og sprengning. Til tross for antatt høyere drivekostnader kan det være knyttet reduserte kostnader til for eksempel sikring og tetting av tunnelen. Det antas også at enkelte miljøtiltak vil kunne reduseres for et TBM alternativ, som for eksempel ved tunnelpåhugget i Hommelvik. En TBM generer betydelig lavere rystelser og således vil en linjeføring tettere opp mot både Fina-anlegget og E-6 tunnelen være mulig. Omfanget av tiltakene i forbindelse med kryssing av E-6 tunnelen og rørtunnelen til Fina vil reduseres. Det må imidlertid gjøres spesielle vurderinger med hensyn på prosjektets egnethet for en gjennomføring med TBM.

5. TRASÉVURDERINGER

Som beskrevet over er den valgte traseen fullt ut gjennomførbar. Området ved Langbekken er preget av betydelige tykkelser med løsmasser og liten fjelloverdekning. Det er blitt gjennomført et undersøkelsesprogram i den sentrale delen og det er bekreftet at det finnes i størrelsesorden 8 m fjelloverdekning mellom tunnelens teoretiske hengnivå (enkeltspor) og topp fjellkote, mens det for et dobbeltspor er omlag 7 m.

Med de føringer som er dimensjonerende for traseen med hensyn til kurvatur i vertikal- og horisontalplanet synes det ikke som om det finnes særlige muligheter for justeringer. Dersom det imidlertid tillates å legge traseen nærmere Fina sitt anlegg, for eksempel med en minimums-avstand lik den avstand som E-6 tunnelen har, finnes det muligheter for at horisontalkurven kan rettes ut i dette partiet.

En slik justering av traseen vil imidlertid kunne ha betydning for stabiliteten i tunnelen og dermed øket omfang av sikringen. Dette skyldes at justeringen vil trekke linjen ut mot en mulig forkastningssone i foten av Gevingåsplatået. Ut fra en slik vurdering burde traseen vært ført noe mer normalt på Gevingåsplatået før den rettes ut og føres parallelt med E-6 tunnelen.

I denne planfasen synes det ikke å være behov for å gjøre endringer i den foreslåtte linjeføringen. Det vises for øvrig til den anleggstekniske diskusjonen som er ført over.

6. VIDERE UNDERSØKELSER

Traséalternativ 4 har en linjeføring som over en lengre strekning går i de samme bergmasser som E-6 tunnelen. Erfaringer fra E-6 tunnelen bør derfor være fullt ut overførbare til jernbanetunnelen i dette partiet, det vil si profil 3.500 til 5.500.

I det sørlige partiet, det vil si fra profil 1.000 til 3.500 vil det kunne være geologiske forhold som avviker fra de man kjenner fra E-6 tunnelen og dermed er det også noe usikkerhet knyttet til dette partiet.



Det anbefales derfor at man foruten de undersøkelser som generelt er relatert til en øket detaljeringsgrad av prosjekteringen av tunnelen gjøres noen videre undersøkelser. En slik detaljering vil inkludere kartlegging av oppsprekking og karakteristikk av disse, geologisk kartlegging, identifisering av svakhetssoner på flyfoto og gjenfinning/karakterisering i felt.

I forbindelse med kryssing av området ved Langbekken anbefales det å utføre supplerende undersøkelser. Det vil være behov for å skaffe et bedre grunnlag for bergmassekvaliteten samt forløpet på spesielt markerte svakhetssoner og deres beskaffenhet. Disse undersøkelsene bør bestå av:

- * Kjerneboring for dokumentasjon av kvaliteten på bergmassen også inkludert svakhetssoner.
- * Seismiske profil som supplement til eksisterende profil med hensikt å etablere en bedret forståelse av de geologiske forholdene i området ved Langbekken.

I forbindelse med passering av forventet forkastningssone i foten av Gevingåsplatået anbefales det å utføre videre undersøkelser langs linjeføringen i området der traséalternativet passerer "Gammelveien", omlag ved profil 2.700 samt i det partiet traseen går inn i Gevingåsplatået, omlag ved profil 3.100. Disse undersøkelsene kan bestå av:

- * Seismisk profil på tvers av antatt sone(er) for identifisering av svakhetssoner.
- * Kjerneboring for dokumentasjon av kvaliteten på bergmassen også inkludert svakhetssoner.
- * Kartlegge geologi i rømningstunnelen fra E-6 tunnelen.

Det anbefales videre at Jernbaneverket gjennomfører et forprosjekt med et alternativ som ser på muligheten for å gjennomføre jernbanetunnelen med TBM.

Det anbefales også at man gjør en vurdering vedrørende belastninger og konsekvenser knyttet til vibrasjoner i grunnen og rystelser forårsaket av sprengningsarbeidene ved tunneldriften i området med nærhet til E-6 tunnelen slik at grenser for maksimalt rystelsesnivå kan settes.

Det vises også til vedlegg 1 og de anbefalinger som er gitt der, vedrørende videre undersøkelser og vurderinger knyttet til fare for senkning av grunnvannet forårsaket av tunneldriften.

7. KOSTNADSBEREGNINGER

7.1 Traséalternativ 4

Det er utført kostnadsoverslag for traséalternativ 4 på samme basis som de øvrige alternativene i den opprinnelige hovedplanen. Kostnadsnivået tilsvarer dermed 1994. Dette er blitt gjort for at de forskjellige alternativene skal være sammenlignbare med hensyn på kostnader.



De samme tekniske forutsetninger som gjaldt i 1994 er benyttet som underlag for kostnadsoppsettet for traséalternativ 4 også.

Post	Dobbeltspor	Enkeltspor
1 Rigg	23 mill	18 mill
2 Sprengning/sikring	76 mill	58 mill
3 Masseflytting	20 mill	13 mill
7 Portaler/vannskjerming mm	30 mill	28 mill
Sum anleggskostnader	149 mill	117 mill
Grunnerverv, undersøkelser, byggeledelse etc.	24 mill	20 mill
Total prosjektkostnad	173 mill	137 mill

Tabell 2. Prosjektkostnader for traséalternativ 4

For alternativ 4 er kostnadene estimert til 173 og 137 mill kr. for henholdsvis dobbelt- og enkeltspors tunnel. Til kostnadsoverslaget er det på dette nivå knyttet en usikkerhet på +/- 17 og +/- 12 mill kr. det vil si i størrelsesorden 10 %. Dette tilsvarer en løpemeterpris for tunnelen på omlag 38.600 kr med usikkerhet +/- 3.800 kr og 30.600 kr med en usikkerhet på +/- 2.700 kr.

Det er blitt benyttet Steen-Lichtenbergs metode for trinnvis kalkulasjon, kostnadsoverslag med vurdering av usikkerhet og det generelle grunnlaget for denne metoden finnes i våre rapport datert 28.08.94. Det henvises derfor til denne med hensyn på beskrivelse av metodikk.

I vårt kostnadsoverslag for traséalternativ 4 er det lagt inn forventede kostnader for de spesielle forholdene som er beskrevet i de anleggstekniske vurderingene. Disse vurderingene gir seg først og fremst utslag i kostnadene i forbindelse med passering av Langbekken samt at det må gjøres regning med at et lengre parti i dette området kan ha en fjellkvalitet som er mindre god enn det man generelt kan påregne for Gevingåsplatået.

Sammenlignet med for eksempel alternativ 2 betyr det at eventuelle, forventede besparelser for selve tunnelen i traséalternativ 4 på grunn av dens lengde som er 270 meter kortere enn alternativ 2 i stor grad blir borte som en følge av den usikkerhet som er knyttet blant annet til passering Langbekken.

Kostnadsoverslaget i tabell 2 over vurderer ikke eventuelle kostnader forbundet med lekkasjeprosblematikk og kontroll av grunnvannssenkning. Disse aspektene er inkludert i vedlegg.

7.2 Sammendrag alle traséalternativ

I tabellen nedenfor er det gjort et sammendrag over prosjektkostnader av samtlige traséalternativ for fjelltunnel utredet for hovedplan Hell-Hommelvik (alternativ 3 består av to kortere tunneler).



Traséalternativ	Total prosjektkostnad	Løpeterpris
1, L = 5.000 m	145 mill kr	29.000 +/- 2.400
2, L = 4.750 m	138 mill kr	29.100 +/- 2.500
3, L = 3.800 m	118 mill kr	31.100 +/- 2.600
4, L = 4.480 m	137 mill kr	30.600 +/- 2.700

Tabell 3. Sammendrag over kostnader traséalternativer, enkeltspor

Traséalternativ	Total prosjektkostnad	Løpeterpris
1, L = 5.000 m	184 mill kr	36.800 +/- 3.400
2, L = 4.750 m	175 mill kr	36.800 +/- 3.400
3, L = 3.800 m	146 mill kr	38.400 +/- 3.400
4, L = 4.480 m	173 mill kr	38.600 +/- 3.800

Tabell 4. Sammendrag over kostnader traséalternativer, dobbeltspor

I forbindelse med utarbeidelsen av vedlegg 1 vedrørende vannlekkasjer og innflytelsen på omkringliggende miljø er det utarbeidet et særskilt kostnadsoverslag for dette. Kostnadsoverslaget i foreliggende rapport inkluderer ikke slike elementer da dette i sin helhet er tatt med i nevnte vedlegg.

Trondheim 3. april 1998
O. T. Blindheim AS



Eivind Grøv
Senior rådgiver/Ingeniørgeolog

Kvalitetskontroll:




8. REFERANSER

- Ref. 1 Rapport O. T. Blindheim AS.
Hovedplan Hell-Hommelvik, Gevingåsen tunnel,
Ingeniørgeologisk og anleggsteknisk vurdering.
Datert 28.08.94
- Ref. 2 Rapport Sverre Myklebust AS.
Jernbanetunnel Hell-Hommelvik,
Seismiske målinger.
Rapport 96-1.
- Ref. 3 Rapport SCC Kummeneje.
Hovedplan Hell-Hommelvik, Alternativ 4,
Fjellkontrollboringer ved Langbekken.
Datarapport datert 12.02.98
- Ref. 4 Norges Geologiske Undersøkelser.
Berggrunnsgeologisk kart 1:250.000 Trondheim.
1976.
- Ref. 5 Rapport Kummeneje AS.
Hovedplan Hommelvik-Hell
Tunnelpåhugg Hommelvik, fjellkontrollboringer.
Datarapport datert 27.04.94
- Ref. 6 Statens Vegvesen, Nord-Trøndelag Vegkontor.
E6 Hommelvik-Stjørdal.
Geologiske forhold og fjellsikring.
Sluttrapport, datert 28.02.96.



KOSTNADSOVERSLAG TUNNEL MED USIKKERHETSANALYSE

KOSTNADER EKS. OVERBYGN, SPOR OG ELEKTRIFISERING

Prosjekt : GEVINGÅSEN TUNNEL
 Tunnel : Hommelvik-Hell Alt.4
 Alternativ : Lengde ca. 4480 m
 Stign. (max) : 0.5 % fra begge sider
 Spr.tverrsnitt : 58 m²
 Kostnadsnivå : 1994

Hpr.nr.	Tekst/ prosess	Min	Sanns	Max	Middel	SUM 1000kr	+/-	, 1000kr	Varians
1	RIGG OG DRIFT % av 2-7	12	18	25	18,2	18019	2,6	2574	6,6E+06
2	SPRENGNING								
22	Forskj.2 påhugg 1000kr	600	1000	2000	1120	1120	280	280	7,8E+04
24	Tunneldriving kr/m	5500	6500	8000	6600	29568	500	2240	5,0E+06
	Forsiktig spr. 1000kr	50	400	800	410	410	150	150	2,3E+04
	Pumpek.,nlsjer, m3	0	0	1000	200	200	200	45	2,0E+03
	inkl.sikr., kr/m3	120	200	400	224	45	56	11	1,3E+02
24.9	Vannlensing 1000kr	20	50	100	54	54	16	16	2,6E+02
25.2	Bolting kr/stk	200	250	500	290	290	60	1009	1,0E+06
	stk/m	3	4	6	4,2	4,2	0,6	696	4,8E+05
	strekn. m	3650	3960	4480	4002	4874	166	202	4,4E+04
25.3	Bånd kr/m	150	250	350	250	250	40	211	4,4E+04
	(tung sikr.) lm/m	6	9	14	9,4	9,4	1,6	224	5,0E+04
	strekn. m	100	400	1500	560	1316	280	658	3,7E+06
25.4	Spr.bet m.Tib. kr/m3	1700	2100	3000	2200	2200	260	1932	9,9E+06
	(tung sikr.= m3/m	1,5	2,5	4	2,60	2,60	0,5	3144	9,9E+06
	dobbel lengde) strekn. m	1790	2800	4100	2858	16348	462	2643	1,5E+05
25.5/6	St-p kr/m	25000	35000	50000	36000	36000	5000	385	1,5E+05
	strekn. m	10	50	225	77	2772	43	1548	2,8E+07
25.9	Rassikr. (spiling) 1000 kr	0	100	1000	260	260	200	200	2,5E+02
	(Sum st.avvik fjellkvalitet)							5251	4,5E+03
26.1	Sonderboring kr/bm	50	75	100	75	75	10	16	4,0E-02
	bm/m, gj.sn.	0	0,3	1	0,35	118	0,2	67	1,2E+04
26.2	Kj.bor.,tomogr.1000kr	0	0	1	0,2	0	0,2	0	9,4E+04
26.3	Injisering kr/runde	60000	100000	150000	102000	102000	18000	108	9,4E+04
	rund.stk	0	5	15	6	612	3	306	
3	MASSEFLYTTING								
34.3	Fra tunnel kr/m3	20	25	50	29,00	7535	6	1559	2,4E+06
34.4	Deponering i sjøen H.vik	1275	3750	6000	3705	3705	945	945	8,9E+05
39.1	Graving forskjæringer	100	300	1100	420	420	200	200	4,0E+04
39.2	Forskj.dren,forstøt.sikr	350	800	1400	830	830	210	210	4,4E+04
39.3	Underbgn. utenfor tunnel	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,0E+00
39.4	Hell, spunt & well point	500	1000	1500	1000	1000	200	200	4,0E+04
4	GRØFTER M.M.								
	Drensgrøft kr/m	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,0E+00
	Pumper,utslipp 1000kr	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,0E+00
7	KOMPLETTERING								
72.2	Isol. platehvelv kr/m	6000	7000	10000	7400	7400	800	2112	4,5E+06
	strekn. m	900	2700	4200	2640	19536	660	4884	2,4E+07
75.2	Portaler 1000kr	2200	3500	7475	4035	4035	1055	1055	1,1E+06
	Str-m og lys kr/m	0	0	100	20	90	20	90	8,0E+03
79	Øvrige arbeider 1000 kr	2500	4100	7000	4360	4360	900	900	8,1E+05
	DELSUM HOVEDPROSESS 1-7,EKS.MVA:					117027			
0	ERSTATNINGER OG HJELPEKONTI								
02	Grunnerverv 1000kr	0	50	100	50	50	20	20	4,0E+02
03	Planlegg./unders. 1000kr	500	1000	2000	1100	1100	300	300	9,0E+04
	Byggeledelse 1000kr	1500	2000	3000	2100	2100	300	300	9,0E+04
04	Sentrale kostn. % av 1-7	2	5	8	5	5851	1,2	70	4,9E+03
	Erstatn., skader 1000kr	200	1000	3000	1240	1240	560	560	3,1E+05
	Merverdiavgift % av 1-7	3	5	6	4,8	5617	0,6	34	1,1E+03
	Total lengde i fjell m	4400	4480	4560	4480		32	836	7,0E+05
	DELSUM ANLEGGSKOSTNADER:					132986			
	Generelle forhold								
	Erfaringsdata %	-10	1	10	0,6	702	4	4681	2,2E+07
	Retn.linjer utrust. %	-5	0	5	0	0	2	2341	5,5E+06
	Krav til utf-relse %	-5	0	5	0	0	2	2341	5,5E+06
	Off.reguleringer %	-5	0	2	-0,6	-702	1,4	1638	2,7E+06
	Planlegging %	-5	0	5	0	0	2	2341	5,5E+06
	Miljøbegrensninger %	0	1	5	1,6	1872	1	0	0,0E+00
	Konkurr.,markedsforh. %	-10	-3	5	-2,8	-3277	3	3511	1,2E+07
	Kompleksitet %	0	5	15	6	7022	3	3511	1,2E+07
	Tilgjengelighet %	-1	1	2	0,8	936	0,6	702	4,9E+05
	Byggherreforhold %	-5	-2	2	-1,8	-2106	1,4	1638	2,7E+06
	Tidsplan %	-3	0	0	-0,6	-702	0,6	702	4,9E+05
	DELSUM GENERELLE FORHOLD:					3745			
	SUM TOTALT					136731		12465	1,6E+08
	dvs:	137 mill +/-	12 mill						



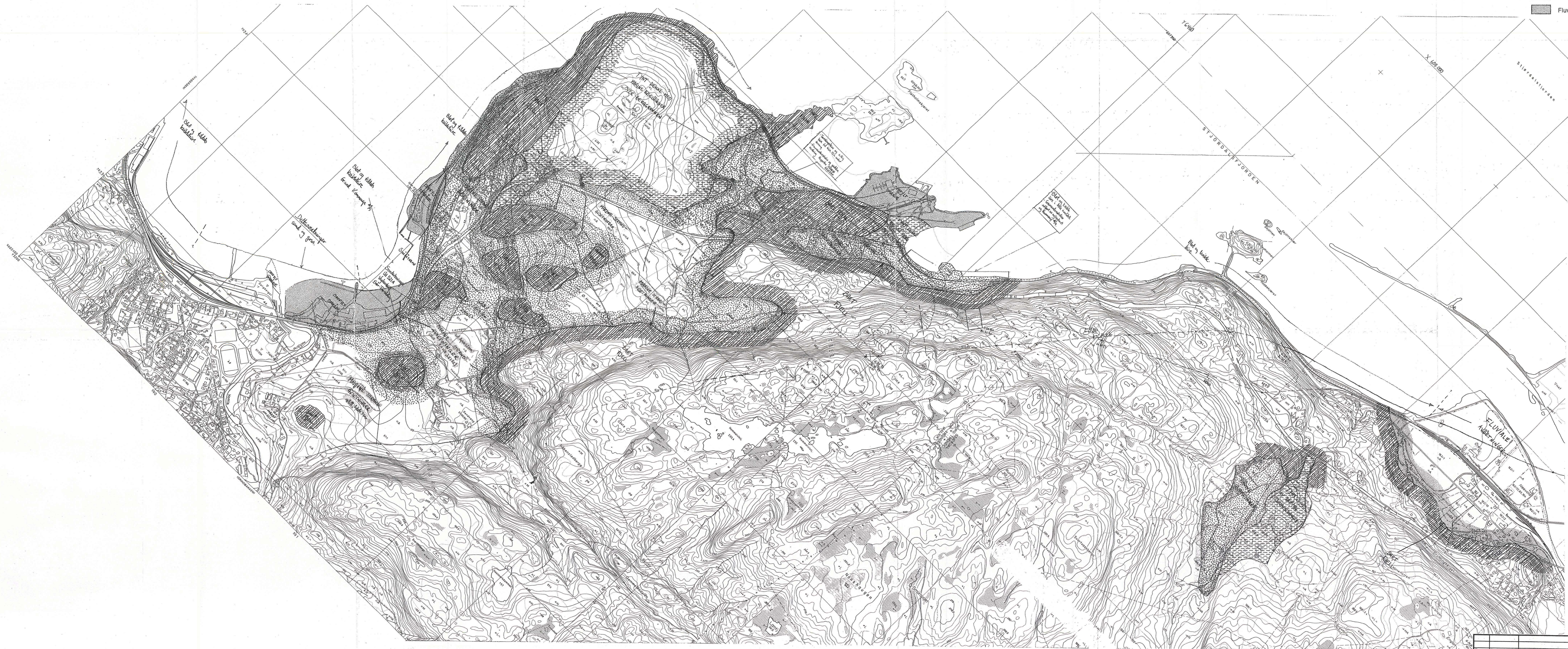
KOSTNADSOVERSLAG TUNNEL MED USIKKERHETSANALYSE

KOSTNADER EKS. OVERBYGN, SPOR OG ELEKTRIFISERING

Prosjekt : GEVINGÅSEN TUNNEL
 Tunnel : Hommelvik-Hell Alt 4
 Alternativ : Lengde ca. 4480 m
 Stign. (max) : 0.5 % fra begge sider
 Spr.tverrsnitt : 107 m²
 Kostnadsnivå : 1994

Hpr.nr.	Tekst/ prosess	Min	Sanns	Max	Middel	SUM 1000kr	+/-	, 1000kr	Varians
1	RIGG OG DRIFT % av 2-7	12	18	25	18,2	22964	2,6	3281	1,1E+07
2	SPRENGNING								
22	Forskj.2 påhugg 1000kr	600	1000	2000	1120	1120	280	280	7,8E+04
24	Tunneldriving kr/m	6000	8500	10500	8400	37632	900	4032	1,6E+07
	Forsiktig spr. 1000kr	50	400	800	410	410	150	150	2,3E+04
	Pumpek.,nisjer, m3	0	0	1000	200	200	200	45	2,0E+03
	inkl.sikr., kr/m3	120	200	400	224	45	56	11	1,3E+02
24.9	Vannlensing 1000kr	20	50	100	54	54	16	16	2,6E+02
25.2	Bolting kr/stk	200	250	500	290	290	60	1345	1,8E+06
	stk/m	4	5	9	5,6	5,6	1	1161	1,3E+06
	strekn. m	3650	3960	4480	4002	6499	166	270)
25.3	Bånd kr/lm	150	250	350	250	250	40	233	5,4E+04
	(tung sikr.) lm/m	8	10	14	10,4	10,4	1,2	168	2,8E+04
	strekn. m	100	400	1500	560	1456	280	728)
25.4	Spr.bet m/fib. kr/m3	1700	2100	3000	2200	2200	260	2898	8,4E+06
	(tung sikr.= m3/m	1,5	4,0	6	3,90	3,90	0,9	5659	3,2E+07
	dobbel lengde) strekn. m	1790	2800	4100	2858	24522	462	3964)
25.5/6	St-p kr/m	25000	37000	50000	37200	37200	5000	465	2,2E+05
	strekn. m	10	60	275	93	3460	53	1972)
25.9	Rassikr. (spilling) 1000 kr	0	100	1000	260	260	200	200)
	(Sum stavvik fjellkvalitet)							7133	5,1E+07
26.1	Sonderboring kr/bm	50	75	100	75	75	10	16	2,5E+02
	bm/m, gj.sn.	0	0,3	1	0,35	118	0,2	67	4,5E+03
26.2	Kj.bor.,tomogr.1000kr	0	0	1	0,2	0	0,2	0	4,0E-02
26.3	Injisering kr/runde	60000	100000	150000	102000	102000	18000	108	1,2E+04
	rund.stk	0	5	15	6	612	3	306	9,4E+04
3	MASSEFLYTTING								
34.3	Fra tunnel kr/m3	20	25	50	29,00	13901	6	2876	8,3E+06
34.4	Deponering i sjøen H.vik	1275	3750	6000	3705	3705	945	945	8,9E+05
39.1	Graving forskjøring	100	300	1100	420	420	200	200	4,0E+04
39.2	Forskj.dren,forstøt.sikr	350	800	1400	830	830	210	210	4,4E+04
39.3	Underbgn. utenfor tunnel	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,0E+00
39.4	Hell, spunt & well point	500	1000	1500	1000	1000	200	200	4,0E+04
4	GRØFTER M.M.								
	Drensgrøft kr/m	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,0E+00
	Pumper,utslipp 1000kr	0,01	0,01	0,01	0,01	0	0	0	0,0E+00
7	KOMPLETTERING								
72.2	Isol. plateveiv kr/m	6000	8000	11000	8200	8200	1000	2640	7,0E+06
	strekn. m	900	2700	4200	2640	21648	660	5412	2,9E+07
75.2	Portaler 1000kr	2200	3500	7475	4035	4035	1055	1055	1,1E+06
	Str-m og lys kr/m	0	0	100	20	90	20	90	8,0E+03
79	Øvrige arbeider 1000 kr	2500	4100	7000	4360	4360	900	900	8,1E+05
	DELSUM HOVEDPROSESS 1-7,EKS.MVA:					149140			
0	ERSTATNINGER OG HJELPEKONTI								
02	Grunnervv 1000kr	0	50	100	50	50	20	20	4,0E+02
03	Planlegg./unders. 1000kr	500	1000	2000	1100	1100	300	300	9,0E+04
	Byggeledelse 1000kr	1500	2000	3000	2100	2100	300	300	9,0E+04
04	Sentrale kostn. % av 1-7	2	5	8	5	7457	1,2	89	8,0E+03
	Erstatn., skader 1000kr	200	1000	3000	1240	1240	560	560	3,1E+05
	Merverdiavgift % av 1-7	3	5	6	4,8	7159	0,6	43	1,8E+03
	Total lengde i fjell m	4400	4480	4560	4480		32	1065	1,1E+06
	DELSUM ANLEGGSKOSTNADER:					168246			
	Generelle forhold								
	Erfaringsdata %	-10	1	10	0,6	895	4	5966	3,6E+07
	Retn.linjer utrust %	-5	0	5	0	0	2	2983	8,9E+06
	Krav til utf-reise %	-5	0	5	0	0	2	2983	8,9E+06
	Off.reguleringer %	-5	0	2	-0,6	-895	1,4	2088	4,4E+06
	Planlegging %	-5	0	5	0	0	2	2983	8,9E+06
	Milj-begrensninger %	0	1	5	1,6	2386	1	0	0,0E+00
	Konkurr.,markedsforh. %	-10	-3	5	-2,8	-4176	3	4474	2,0E+07
	Kompleksitet %	0	5	15	6	8948	3	4474	2,0E+07
	Tilgjengelighet %	-1	1	2	0,8	1193	0,6	895	8,0E+05
	Byggherreforhold %	-5	-2	2	-1,8	-2685	1,4	2088	4,4E+06
	Tidsplan %	-3	0	0	-0,6	-895	0,6	895	8,0E+05
	DELSUM GENERELLE FORHOLD:					4772			
	SUM TOTALT					173018		16667	2,8E+08
	dvs:	173 mill +/-	17 mill						

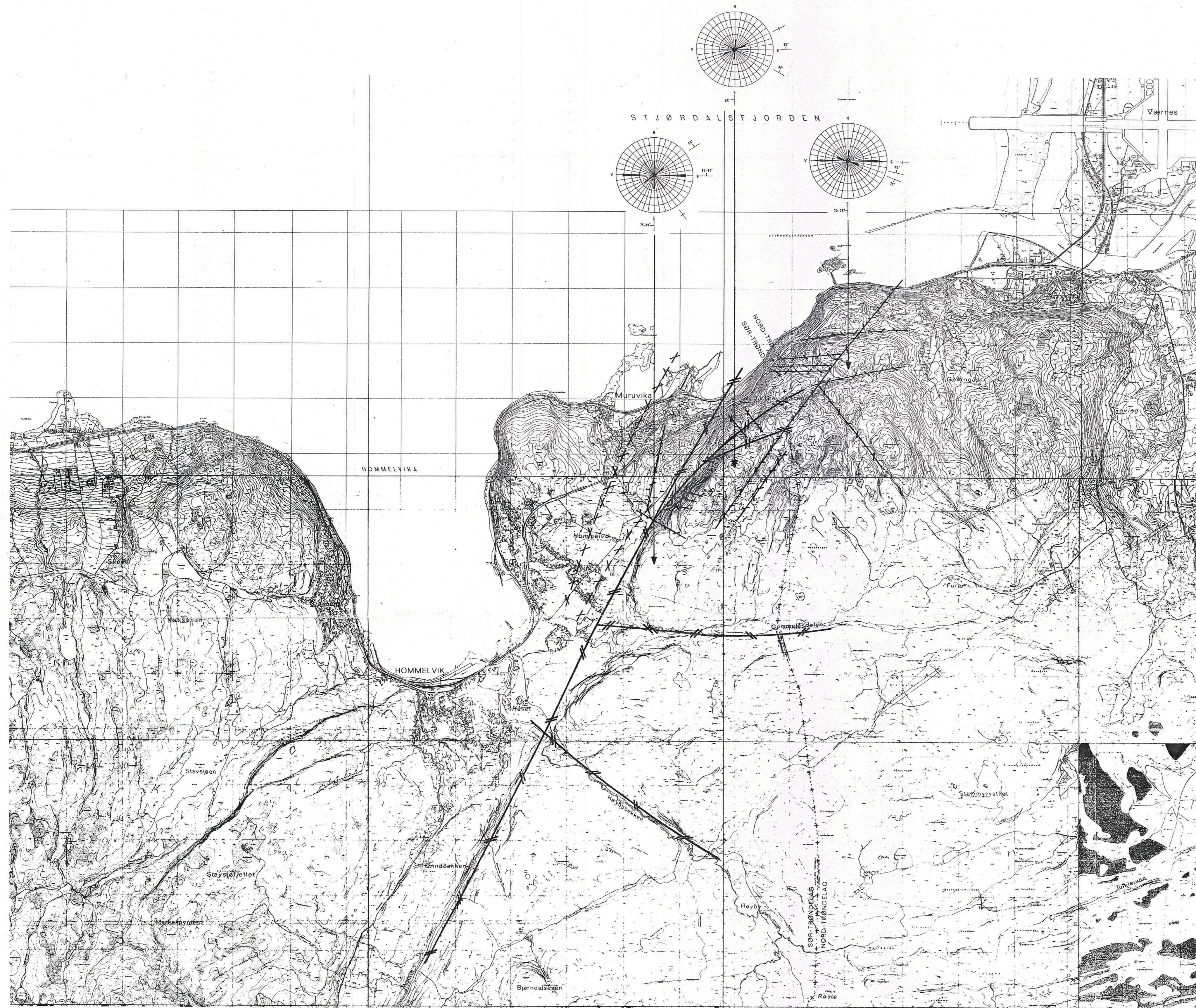




Tegnforklaring

- Bart fjell
- Marine strandavsetninger
- Tynt dekke av marine avsetninger
- Fluviale avsetninger

Rev.	Dato	Beskrivelse	Tegnet av	Kontrollert
Oppdragsgiver		Jernbaneverket Region nord		
Prosjekt		Gjevingsåsen jernbanetunnel		
Sted		Hell - Hommevik		
		Skala	Dato	03.04.98
Kart over løsmasseforhold		1 : 7000	Tegnet	AW/
			Kontroll.	BAA/
		Tegningsnummer 2370.01		
O. T. Blindheim AS, Kjøpmannsgt. 61, 7011 Trondheim. Tlf. 73 87 37 00				



Tegnforklaring

- / — / — Svakhetszone
- / — / — Markert svakhetszone
- / — / — Usikkert forløp

Sprekkeroser fra geologisk kartlegging i forbindelse med E6-tunnelen

Rev.	Dato	Beskrivelse	Tegnet av	Kontrollert
Oppdragsgiver	Jernbaneverket Region nord			
Prosjekt	Gjevingåsen jernbanetunnel			
Sted	Hell - Hommelvik			
Oversikt over geologiske strukturer			Skala	Dato
			1 : 20000	03.04.98
			Tegnet	AW/
			Kontroll.	BAA/
			Tegningsnummer	
			2370.02	
O. T. Blindheim AS, Kjøpmannsgt. 61, 7011 Trondheim. Tlf. 73 87 37 00				

NOTAT

Til: Fjellanger Widerøe v/Torger Indergård

Kopi: Jernbaneverket v/ Vigdis Landheim

Fra: O. T. Blindheim AS v/ Werner Stefanussen
Bent Aagaard
Eivind Grøv

TUNNEL GEVINGÅSEN, TRASÉALTERNATIV 4. VURDERING AV LEKKASJEPROBLEMATIKK

Bakgrunn og hensikt

Jernbanetunnelen etter traséalternativ 4 mellom Hommelvik og Hell er planlagt å bli ca 4.48 km lang og passere under områder med bebyggelse, jordbruksområder og skog i sørlige del, og under bergmassivet Gevingåsen i nordlige del. Overdekningsmassene, som består av løsmasser og fjell, vil variere fra 10 til 240 meter (unntatt de første 10-20 meterne etter hvert påhugg).

Byggherren for prosjektet (Jernbaneverket) ønsker å utføre en risikovurdering av mulig grunnvannssenkning i forbindelsene med vannlekkasjer i tunneler.

Hensikten med dette notatet er å presentere de vurderingene som firma O.T. Blindheim AS har utført med hensyn på sannsynligheten for og konsekvensene av en eventuell grunnvannssenkning som følge av vannlekkasjer i tunnelen mellom Hommelvik og Hell. Det er også angitt prinsipper for kontrollopplegg for å overvåke grunnvannssituasjonen og påvirkningen av terrenget over tunnelen under og etter byggingen. Anbefalinger for videre tiltak i form av utredninger og undersøkelser er gitt.

Notatet tar utgangspunkt i traséalternativ 4, men mye av notatets innhold er relevant for alle traséalternativene.

Sammendrag

Notatet presenterer de vurderingene som er blitt utført med hensyn på sannsynligheten for og konsekvensene av en eventuell grunnvannssenkning som følge av vannlekkasjer i tunnelen mellom Hommelvik og Hell. Det er blitt gjort en grov risikovurdering av påvirkningen på det omkringliggende miljøet til tunnelen. Notatet angir prinsipper for kontrollopplegg for å overvåke grunnvannssituasjonen og påvirkningen av terrenget over tunnelen under og etter byggingen.



Det er til dels stor mektighet med leire i området over den sørlige halvdel av tunnelen. Arealet benyttes til jordbruk og skogbruk, og det er en god del bebyggelse i form av bolighus. Disse områdene må anses å være ømfintlige for setninger som følge av grunnvannssenkning og poretrykksreduksjon i leirmassene. Selv små vannlekkasjer kan gi betydelige setninger over tid.

Selv om utmark og jord og skogbruksområder også må underlegges en kritisk vurdering, er det de bebygde områdene øst for påhugget i Hommelvik som kan volde størst problemer. Dersom mye av bebyggelsen er fundamentert på leire/silt, kan omfattende tiltak bli nødvendig for å hindre eller redusere skadene på grunn av setninger. Kostnadsvurderingen som er vedlagt notatet, angir at kostnadene med tiltak for å hindre eller redusere skader pga setninger er ca 12 mill. kr. Det er da antatt 50 m med vanntett utstøpning, maksimalt 300 m. Det er stor usikkerhet i beregningene.

Etter vår vurdering kan traseen deles inn i 4 strekninger basert på grunnvannssituasjon og mulige konsekvenser.

Område	Risiko
Påhuggsområdet i Hommelvik med bebyggelse	Høy
Jord- og skogbruksområdet i Hommelvik (sørlige del av tunnelen)	Lav
Fjell og utmark på Gevingåsen	Svært lav
Spesielle områder, som for eksempel Fina-anlegget	Lav

Tabell 1. Risikovurdering i forskjellige områder pga vannlekkasjer inn i tunnelen, traséalternativ 4

Forskjellige tiltak som kan iverksettes mot vannlekkasjer og kontroll av grunnvannstand er beskrevet generelt. Slike tiltak kan typisk være; injeksjon foran stuff, installasjon av infiltrasjonbrønner og vanntett betongutstøpning. For kontroll av grunnvannstanden kan det være aktuelt å installere poretrykksmålere i løsmasser så vel som i bergmasser.

Det er nødvendig å gjøre en kartlegging av fundameteringen av spesielt utsatt bebyggelse i en korridor fra påhugget ved Hommelvik og omlag 1 km fra påhugg. Det anbefales videre at det utføres en vannbalansevurdering for utmark og jord-og skogbruksområder.

Grunnlagsmateriale

Som grunnlagsmateriale for våre vurderinger er benyttet:

- Hovedplan jernbanetunnel Hell - Hommelvik 1994
- Sluttrapport for byggingen av E6-tunnelen
- Resultater fra geotekniske undersøkelser i Hommelvik og Muruvik
- Resultater fra geofysiske undersøkelser ved Langbekken
- Topografisk kart i målestokk 1:5000
- Plantegning for linjeføringen av jernbanetunnelen
- Geologisk kart
- Kvartærgeologisk kart



Situasjon

Trasé og terreng

På tegning utarbeidet av Fjellanger Widerøe (datert 29.08.97 som viser kopling alt. 2E-3E-97) er vist traséen for jernbanetunnelen, traséen for E6-tunnelen, Finas oljelager og traséen for oljerørtunnel. På snitt A-A vises plasseringen av de fire prosjektene i forhold til hverandre.

Over de første 600 meterne etter påhugget i Hommelvik er det bebygget område med eneboliger. Videre framover i linjen er det ca 500 meter jordbruksområde før det blir et utmarksområde med tett småskog i ca 500 meters lengde. Maksimal høyde for dette terrenget er kote 100.

Langs den øvrige delen av traséen er det skogs- og fjellterreng med Gevingåsen som den dominerende landskapsformasjonen. Terrenget over tunnelen stiger bratt opp til maksimal høyde ca 280 m.o.h. Tunnelen følger nordøstover under fjellmassivet som har høyde 175 til 200 m.o.h. De siste 500-600 meterne før påhugget ved Hellstranda stuper terrenget ned mot fjorden.

Svakhetssoner og oppsprekking

Bergmassen i Gevingåsen er gjennomgått av markerte sprekke- og svakhetssoner med hovedretning øst-vest. Oppsprekkingen er også dominert av et system i samme retning.

Løsmasser og grunnvannstand

Gevingåsenmassivet

Gevingåsenmassivet er dekket av et tynt morenelag. Oppe på Gevingåsen ligger Hommelviktjernet, med vannivå på kote 232.2 og ca 100 daa i flatemål. I skogsområdet forøvrig er det noen myrdrag, men ingen skogstjern. Små bekkesig/flombekker følger enkelte dalsøkk.

Grunnvann opptrer normalt diskontinuerlig på sprekkeplan i fjell. Det ble registrert generelt små, men vedvarende lekkasjer over hele tunnelstrekningen ved driving av E6-tunnelen.

Kiellandhaugen

I dette området er det utført fjellkontrollboringer. Boringene indikerer svært bløte masser (kvikkleire) i det lavereliggende partiet øst for Kiellandhaugen. Høyere opp, og lengre mot vest (der tunneltraséen er planlagt), er det registrert fastere masser, muligens morenemasser.

På oversiden (nordsiden) av Kiellandhaugen, er det derimot bløte masser under det fastere tørrskorpelaget i toppen.



Løsmassetykkelsen er mer enn 20 meter i det lavtliggende området sørøst for tunnelpåhugget. Like ved traseen for tunnelen ovenfor Kiellandhaugen er det registrert maksimal løsmassemektighet på 14,5 meter.

Langbekken

Undersøkelsene viser at det er opptil 33 meter løsmasser i området ved Langbekken. Resultatene fra prøveopptak viser 0-2 meter tørrskorpeleire, 2-12 meter leire med silt og sandlag, og videre ned til fjell er det silt og sandmasser.

Leira er godt konsolidert med avtakende vanninnhold (mindre enn 15-20 %) fra 5-6 meters dybde. Det er ikke gjort registreringer av grunnvannstand i løsmassene. Det er imidlertid antydnet høyt grunnvannsnivå, og at det må forventes mating av grunnvannet fra fjellmassivet i øst. De mellomliggende silt og sandlag (grus) gjør at permeabiliteten økes betraktelig, og det kan være gode vanntransportveger i slike lag.

I området fra Kiellandhaugen til Langbekken er det ikke utført undersøkelser av løsmassene. Det forventes å være løsmasser bestående av leire/silt/sand, med høy grunnvannstand.

Bebyggelse

I området ved påhugg Hommelvik er det en god del bebyggelse, spesielt ved Kiellandhaugen, langs Øvre Solbakken og Solhaugveien. Totalt er det ca 70 eneboliger innenfor en korridor på 300 m til hver side for traséalternativ 4 i dette området. Fra teknisk etat ved Malvik kommune har vi fått opplyst at det finnes boliger som er fundamentert på løsmasser, spesielt langs Øvre Solbakken.

Det kan antas (ikke sjekket) at det er anslagsvis 30-40 boliger som er fundamentert på løsmasser. For de andre traséalternativene vil antall hus i nærheten av tunnelen være mindre.

Bebyggelsen i Muruvik og oppe på Gevingåsen anses ikke å være innenfor influensområdet for grunnvannspåvirkning fra tunneldriften, og er derfor ikke tatt med i vurderingene i dette notatet.

Sannsynlighet for vannlekkasjer og konsekvenser

Risiko er definert som sannsynlighet x konsekvens.

For å kunne vurdere risikoen, som også kan uttrykkes i kroner, er først sannsynligheten for vannlekkasjer inn i tunnelen, og dermed drenasje av massene over, vurdert. Dernest er konsekvensen av denne drenasjen vurdert for de forskjellige områdene langs traseen. Risikoen er deretter omtalt i eget kapittel.

Generelt gjelder disse betraktningene samtlige traséalternativ. Imidlertid vil kostnadene relatert til konsekvenser for alternativ 4 være høyere fordi en større strekning langs tunnelen blir berørt.



Sannsynlighet for vannlekkasjer

Mengde vann som kan lekke inn i tunnelen vil være avhengig av oppsprekking i bergmassene, permeabilitet på sprekker og slepper, mektighet og permeabilitet av løsmasser over bergmassene samt vannreservoar som vannet kan komme fra. I sprekkesoner og svakhetssoner må det forventes sprekkesystem som kan være åpne og vannførende.

Erfaringene fra E6 tunnelen viser at det må forventes vannlekkasjer langs nesten hele tunnelstrekningen under Gevingåsen. Det ble ikke påtruffet store vedvarende lekkasjer, selv ikke ved krysning av en svakhetsone som antas å ha kontakt med Hommelviktjernet.

Omtrent 1500 m fra påhugget i Hommelvik vil jernbanetunnelen gå med liten fjelloverdekning ved Langbekken/Muruvik. De geotekniske undersøkelsene i dette området viser at det er løsmasser med mektighet opp til 33 meter over fjellet rett over tunnelen. Undersøkelsene indikerer at det kan være permeable lag (sand og grus) i leira som medfører at permeabiliteten øker og mulige drenasjeveger gjennom leirmassene er tilstede. Refraksjonsseismiske undersøkelser har vist at det er enkelte svakhetssoner på denne strekningen. Fjelloverdekningen over tunnelen vil være liten (ned til ca 10 meter) og det vil derfor være stor sannsynlighet for vannlekkasjer inn i tunnelen.

Terrenget er formet slik at det gir tilrenning av nedbør og smeltevann til området, og fjellsiden mot Gevingåsen vil også bidra til vanntilrenning. Vannreservoaret som kan gi vannlekkasjer er derfor stort i dette området.

I området lengre mot sør, det vil si fra Geitberget og mot påhugg Hommelvik, er det varierende tykkelse av leire, sand og grus, med maksimal mektighet ca 15 meter like nord for Kiellandhaugen. Det må forventes spredte, små lekkasjer også i denne delen av tunnelen. Det vil også her være muligheter for drenasjeveger i leira gjennom permeable sand og gruslag.

Topografien i området tilsier stor avrenning av nedbør og smeltevann, og det er ikke noe tilsig fra høyere liggende områder.

Konsekvenser

Bebygde områder

Som nevnt er det tildels store mektigheter med leire i området over den sørlige halvdelen av tunnelen. Arealet benyttes til jordbruk og skogbruk, og det er bebyggelse i form av bolighus. Disse områdene må anses å være ømfintlige for setninger som følge av grunnvannssenkning og poretryksreduksjon i leirmassene. Selv små vannlekkasjer kan gi betydelige setninger over tid. Vannlekkasjer inn i tunnelen vil føre til at poretrykket i løsmassene blir redusert. Dersom bygningene er fundamentert på løsmasser, vil det være fare for setningsskader i bygningene.



Skogsområder

Dette avsnittet gjelder kun for skogområdet ved Langbekken som består hovedsakelig av lauvskog. I områdene med store løsmassemekktigheter (10-30 meter) over fjelloverflaten vil det være lite sannsynlig at skogen vil få permanente skader som følge av lekkasjene fra tunnelen.

Dette på grunn av at permeabiliteten og kapillærvirkningen i massene vil gjøre at det ikke skjer en uttørking av vekstlaget i den øverste delen av leirmassene, selv om det foregår lekkasjer av vann inn i tunnelen. Området har stor vanntilstrømning fra terrenget rundt som vil kompensere for eventuelle lekkasjer og redusere grunnvannssenkingen.

Nedsatt vanntilgang for skogen som følge av permanent senkning av grunnvannstanden, kan imidlertid føre til redusert vanntilgang for skogen der leirtykkelsen er liten. I slike områder (eksempelvis i områder med tynt løsmassedekke og liten fjelloverdekning) kan det derfor oppstå kvalitetsforringelse av skogen som følge av soppangrep, eller i verste fall skogsdød.

Dyrket mark

Den dyrkede marka benyttes til gras og kornproduksjon. Denne typen utnyttelse av jorda betinger at de øverste 20-30 cm av jordlaget er fuktige. Med leirmasser og tykkelser som her, vil fuktigheten være avhengig av nedbør og værforhold, og helt uavhengig av grunnvannssituasjonen i bergmassene nær tunnelen. I normale tørre år skjer det også en uttørking og senkning av grunnvannstanden.

Utmark og fjellområder

For skog- og fjellområdet på Gevingåsen vil vannlekkasjene ikke få større konsekvenser enn ved drivingen av E6-tunnelen. Hommelviktjernet og myrområdene på Gevingåsen ligger lengre fra jernbanetunnelen enn fra E6-tunnelen, og det er derfor usannsynlig at byggingen av jernbanetunnelen skulle gi negative innvirkninger på disse områdene forutsatt at vannlekkasjene inn i tunnelen ikke overstiger et definert kriterium.

Finas lageranlegg

Lageranlegget til Fina må imidlertid vies spesiell oppmerksomhet. Ved driving av E6-tunnelen ble det fra Direktoratet for Brann og Eksplosjonsvern (DBE) satt krav om at grunnvannstanden rundt tankanlegget i fjellet måtte holdes på et nivå likt det øverste væsknivået i tankene. For å overholde dette kravet ble det utført injeksjon av et parti forbi tankanlegget.

Brønner

Det er ikke registrert drikkevannsbrønner i området. Dersom slike finnes i nærheten av tunneltraseer, kan det oppstå både temporære og permanente endringer i brønncapasiteten.



Kostnader

Både for utredning, undersøkelser, tiltak og kontroll vil det påløpe kostnader som kommer i tillegg til det som tidligere har vært inkludert i kostnadsoverslagene i hovedplan. Kostnader i denne forbindelse kan også ses som en konsekvens(-kostnad) i en risikovurdering. I vedlegg 1 er det laget en enkel kostnadsoppstilling på disse elementene. Tallene er sammenfattet i tabell 1.

De høye kostnadene for påhuggsområdet ved Hommelvik med bebyggelse skyldes at tunnelen vil gå under bebygd område i mer enn 500 m. Boliger som er fundamentert på løsmasser, i særdeleshet leire, vil være svært utsatt for setningsskader selv ved små lekkasjer inn i tunnelen. All erfaring med lignende tunnelarbeider tilsier at bare en liten grunnvannssenkning vil gi setningsskader. Av midlertidige tiltak mot grunnvannssenkning er vanninfiltrasjon angitt. Det må antas at forinjeksjon kan benyttes for å redusere lekkasjen, men siden det her kan være snakk om at kravet til tetthet vil være svært strengt, er det antatt at også full utstøpning med vanntett støp kan bli aktuelt. Maksimalt kan det bli snakk om ca 300 m med slik utstøpning.

Siden det ikke er gjort undersøkelser med hensyn på fundamenteringsmåter og fordeling av løsmasser i området, er det store standardavviket i kostnadsvurderingen også et sterkt signal om at undersøkelser og utredninger må gjøres for å få klarlagt både omfang og typer av nødvendige tiltak.

Område	Utredning/ undersøkelser	Tiltak	Kontroll
Påhuggsområdet i Hommelvik med bebyggelse	226	11540	191
Jord- og skogbruksområdet i Hommelvik (sørlige del av tunnelen)	48	160	40
Fjell og utmark på Gevingåsen	48	40	21
Spesielle områder, som for eksempel Fina-anlegget	116	220	44
Sum	438	11960	296

Tabell 2. Kostnader forbundet med lekkasjer til tunnelen, beløp i 1000 kr

I tillegg til denne kostnadsbetraktningen vil det være mulige avvik på grunn av ikke avklarte forhold. Siden det ikke er gjort spesielle undersøkelser med tanke på fundamenteringsforholdene, kan undersøkelsene vise både gunstigere og verre forhold enn antatt. Dessuten kan myndighetene sette strengere krav enn forutsatt for at eksisterende bebyggelse og øvrig miljø ikke skades av tunnelbyggingen. Disse forholdene er beregnet å gi en tilleggskostnad på 3,5 mill. kr. Dessuten er det pr dato stor usikkerhet (høyt standardavvik) knyttet til nevnte forhold.

Risiko

Etter vår vurdering kan traseen deles inn i 4 strekninger basert på sannsynligheten for vannlekkasjer og konsekvenser på omkringliggende miljø. Risikoen er vurdert ut fra en betraktning av sannsynlighet og konsekvens (kostnad) i kapitlene over.



Område	Risiko
Påhuggsområdet i Hommelvik med bebyggelse	Høy
Jord- og skogbruksområdet i Hommelvik (sørlige del av tunnelen)	Lav
Fjell og utmark på Gevingåsen	Svært lav
Spesielle områder, som for eksempel Fina-anlegget	Lav

Tabell 3. Risiko p.g.a vannlekkasjer inn i tunnelen

Tiltak mot vannlekkasjer og kontroll av grunnvannstand/poretrykk

Påhuggsområdet i Hommelvik med bebyggelse

Ut fra nåværende kjennskap til dette området, er risikoen for skader på grunn av grunnvannssenkning "høy". Det kan være 30-40 hus som er fundamentert på løsmasser i dette området.

Setningsskadene avhenger av setningenes forløp. Forinjeksjon av fjellet før tunneldrivingen utføres kan i enkelte tilfeller være tilstrekkelig, men det vil fortsatt være fare for setninger som følge av lekkasjer. Dersom det er fare for store skader på flere boliger, må det vurderes om det skal installeres infiltrasjonsbrønner i løsmassene for å redusere setningsskadene. For den permanente situasjonen kan det bli aktuelt å tette tunnelen med vanntett betongutstøpning. Uavhengig av løsning bør det under tunneldriften installeres poretrykksmålere i løsmassene for å kontrollere utviklingen av grunnvannsnivået.

Jord- og skogbruksområdet i Hommelvik

Som nevnt ovenfor (tabell 2) anses risikoen forbundet med skader på dyrket mark og skogsområdet ved Langbekken å være «lav».

Eventuelle tiltak for å hindre skader vil være forinjeksjon under tunnelarbeidene slik at vannlekkasjene reduseres til et nivå som gjør at naturen kan tåle dette.

Basert på risikoen forbundet med at jordbruks- og skogbruksområder kan bli ødelagt, må eventuelt tetningsprogram for tunnelen spesifiseres.

Grunnvannstanden bør kontrolleres under tunneldriften gjennom grunnvannspeilebrønner som monteres i løsmassene.

Fjell- og utmark på Gevingåsen

Det anses å være «svært lav» risiko knyttet til fjell- og utmarksområdene i Gevingåsen, dvs. det antas ikke å bli noe problem på grunn av vannlekkasjer. Risikoen er trolig «svært lav» også uten at det foretas forinjeksjon under tunneldriften.



Som kontrollopplegg anbefaler vi at det etableres en rutine med kontroll av vannstanden i Hommelvikjtjernet.

Finas tankanlegg

Det ble ved utbyggingen av E6-tunnelen satt krav til å opprettholde grunnvannstanden rundt Finas tankanlegg i fjell.

Eksisterende grunnvannstand rundt fjellageret må verifiseres før tunnelarbeidene startes opp. Et kontrollopplegg må etableres slik at eventuelle tettarbeider i tunnelen kan iverksettes på samme måte som ved bygging av E6-tunnelen.

Videre utredninger og undersøkelser

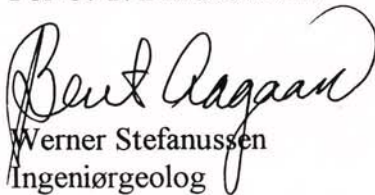
I senere planfaser anbefales det at eventuelle konsekvenser for skog og mark av vannlekkasjer inn i tunnelen utredes av sakkyndige innenfor dette området. Det samme gjelder for landbruksområder. Ideelt sett bør en slik utredning kunne ut i retningslinjer for hvor mye lekkasje som kan tillates for hver strekning av tunnelen uten at miljøet tar skade. Registrering av eventuelle grunnvannsbrønner må også foretas.

Fundamenteringen av husene i en bred korridor fra påhugg Hommelvik og ca 1000 m langs traseen må kartlegges for å klarlegge hvor mange hus som kan bli utsatt for store setningsskader. Ut fra dette må tiltak og kontrollopplegg planlegges.

Forventet lekkasje for forskjellige deler av tunnelen må beregnes blant annet ut fra kjennskap til lekkasjeforholdene i eksisterende tunneler. Ut fra lekkasjevurderingene og de krav som miljøet over tunnelen setter, må tiltak før, under og etter tunneldrivingen vurderes.

Trondheim, 31. mars 1998,

For O. T. Blindheim AS

for 
Werner Stefanussen
Ingeniørgeolog
(forfatter)


Kvalitetskontroll og revisjon:
Eivind Grøv og Bent Aagaard

Vedlegg 1 : Kostnader relatert til vannlekkasjer



Jernbanelverket, Region Nord

GEVINGÅSEN TUNNEL, ALT. 4

KOSTNADER RELATERT TIL VANNLEKKASJER

Enkeltspors tunnel

Tekst/ressurs	Enhet	Mengde			Pris			Sum NOK 1000			Sum
		Min	Antatt	Max	Min	Antatt	Max	Midd.v.	St.avv.	Var	
Bebygget område Hommelvik											
Utredning/undersøkelser											
Fundamentering av bebyggelse	stk,Kkr/stk	1	1	1	30	100	250	116	44	1,94E+03	
Metodevurdering for tetting	stk,Kkr/stk	1	1	1	50	100	200	110	30	9,00E+02	226
Tiltak											
Vanninfiltrasjon	stk,Kkr/stk	0	1	1	100	300	1000	320	190	3,60E+04	
Forinjeksjon (antall runder)	stk,Kkr/stk	0	5	40	50	100	250	1320	825	6,80E+05	
Vann tett utstøpning	m,Kkr/m	0	50	300	50	100	200	9900	6185	3,83E+07	11540
Kontroll											
Poretrykksmåling	stk,Kkr/stk	2	5	20	5	10	20	81	39	1,52E+03	
Bygningsbesiktigelse	stk,Kkr/stk	1	1	1	50	100	200	110	30	9,00E+02	191
											11957
Jord- og skogbruksområde (sør)											
Utredning/undersøkelser											
Vannbalansevurdering	stk,Kkr/stk	1	1	1	20	40	100	48	16	2,56E+02	48
Tiltak											
Forinjeksjon (antall runder)	stk,Kkr/stk	0	1	5	50	100	150	160	102	1,04E+04	160
Kontroll											
Poretrykksmåling	stk,Kkr/stk	1	3	8	5	10	20	40	17	2,77E+02	40
											248
Fjell og utmark											
Utredning/undersøkelser											
Vannbalansevurdering	stk,Kkr/stk	1	1	1	20	40	100	48	16	2,56E+02	48
Tiltak											
Forinjeksjon (antall runder)	stk,Kkr/stk	0	0	2	50	100	150	40	40	1,60E+03	40
Kontroll											
Observasjon Hommelvik tjernet	stk,Kkr/stk	1	1	1	5	20	40	21	7	4,90E+01	21
											109
Finas tankanlegg											
Utredning/undersøkelser											
Grunnvannskontroll	stk,Kkr/stk	1	1	1	30	100	250	116	44	1,94E+03	116
Tiltak											
Forinjeksjon (antall runder)	stk,Kkr/stk	0	2	5	50	100	150	220	108	1,16E+04	220
Kontroll											
Måling GV-stand	stk,Kkr/stk	1	1	1	20	40	80	44	12	1,44E+02	44
											380
SUM								12694	6245	3,90E+07	
Avvik											
Myndighetskrav	%	-10	10	100				3047	2793	7,80E+06	
Ekstra tiltak mot konsekvenser	%	0	3	10				482	254	6,45E+04	
Grunnforhold, uforutsett	%	-50	0	50				0	2539	6,45E+06	
Sum avvik	Kkr							3529	3783	1,43E+07	
Sum kostnader								16223	7301	5,33E+07	
FORVENTEDE ANLEGGSKOSTNADER								16223	7301	5,33E+07	
									Standardavvik i %:	45,01	

