© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

TROLLFELTET EUROPAS STØRSTE GASSFELT TIL HAVS

Siv. ing. Bjørn Helge Klüver, A/S Norske Shell, Troll fase I, Kollsnes.

Prosjektoversikt og konseptvalg

Troll-utbyggingen vil bestå av tre driftsenheter: Produksjonsplattform, rørledninger og gassbehandlingsanlegg. De tre enhetene vil betjenes fra et kontrollsenter på det landbaserte gassbehandlingsanlegget på Kollsnes i Øygarden utenfor Bergen.

Produksjonsplattformen består av understellet og plattformdekket.
Understellet på plattformen bygges i betong, og består av fire skaft med et betongskjørt i bunnen. Dekket blir et integrert dekk i stål. Plattformens hovedoppgave er å produsere gassen fra reservoaret slik at den kan bli transportert i rørledning til land for videre behandling. Det meste av prosessutstyret som vanligvis brukes til å behandle og rekomprimere gassen før eksport, er flyttet på land. Dette har forenklet dekket på plattformen, redusert bemanningen og dermed økt sikkerheten betraktelig. Dekket veier kun 22 500 tonn sammenlignet med tidligere konsept der dekket veide 40 000 tonn og der både produksjon og behandling var planglagt på plattform til havs. Havbunnen på feltet er myk. Når plattformen blir installert, vil betongskjørtene bli presset ned i havbunnen og danne et godt fundament for et langt liv, mellom 50 -70 år, under røffe værforhold.

Landanlegget som dekker et område på 230 hektar. vil kunne prosessere 84 millioner kubikkmeter gass daglig. Ca. 2000 tonn/dag kondensat vil bli transportert sammen med gassen til Kollsnesanlegget. Kondensatet blir stabilisert og sendt gjennom rør til Sture i Øygarden eller til en egen utskipningskai. Gassen må møte kundens krav til kvalitet samt transportspesifikasjoner. Dette blir oppnådd gjennom turboekspansjon der glykol blir brukt for å hindre dannelse av hydrater. Deretter blir gassen komprimert slik at den kan strømme de 1100 kilometrene til Zebrügge og Emden.

En av de største teknologiske utfordringene i forbindelse med Troll-utbyggingen har vært å utvikle ny teknologi som gjør det mulig å transportere våtgass gjennom rørledninger over lange avstander. Våtgassen fra Troll-feltet skal etter planen

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

transporteres gjennom to 36 tommers rørledninger fra produksjonsplattformen til gassbehandlingsanlegget på land. Havbunnen utenfor Øygarden er kupert og vanskelig å forsere med rørledning. Derfor vil ledningen bli lagt i tunnel de siste 3,6 kilometrene. Under transporten fra plattformen til land vil brønnstrømmen kjøles ned til sjøtemperatur og vanndampen og kondensatet vil gå over i væskefase. I gassbehandlingsanlegget på land må derfor væsken først skilles fra gassen i en såkalt "væskefanger". Ved normal produksjon er gasshastigheten i rørledningen så høy at væsken drives med gassen gjennom røret. Den vil da fordele seg jevnt i gasstrømmen slik at oppsamling av væske unngås. Men ved stans i driften vil det kunne danne seg væskeplugger i rørledningen. Når produksjonen startes igjen, vil disse bli skjøvet med gassen og fanget opp av væskefangeren før den når landanlegget. Vanskeligheten med å forutsi antall, lokalisering og størrelse på væskeansamlingene er nå løst, og dette gir et bedre grunnlag for en optimal dimensjonering av både rørledninger og væskefanger. Gasstrømmen inneholder vann og karbondioksyd, som fører til rustdannelse i rørledningen. Tilsetting av glykol demper rustdannelsen.

Transport av Troll-gass fra behandlingsanlegget på land til Europa vil i første omgang skje gjennom 2 stk. 40 tommer rørledninger. Gassen kan sendes gjennom det eksisterende Statpipe/Norpipe-systemet og i en ny eksportledning til Emden (Europipe)samt gjennom Zeepipe til Zeebrügge i Belgia. En av de desidert største utfordringene i Trollprosjektet, som innebærer anvendelse av ny teknologi, er hvordan man skal ilandføre gassrørledningene fra havbunn til gassbehandlingsanlegget. Det er dette som her skal være hovedtema.

Etter at beslutningen var tatt om å behandle Trollgassen på land, ble det raskt bestemt å legge inngående og utgående gassrørledninger i tunnel gjennom den vanskelige strandsonen og opp til behandlingsanlegget.

Innledningsvis ble det planlagt å drive en tunnel for seks gassrørledninger (tre for eksport og tre for import). Da det etter hvert ble klarlagt at data for den ene eksportledningen ikke ville bli tilgjengelig tidsnok til at ledningen kunne legges i tunnelen, ble det besluttet å drive en tilleggstunnel parallelt med hovedtunnelen for å oppnå øket fleksibilitet. Dette også med tanke på at data for en av de andre eksportledningene kunne bli forsinket. Andre fordeler ved å drive to tunneler fremfor èn, er at tunnelprofilet i hovedtunnelen kan reduseres. To tunneler betyr således både bedre sikkerhet og bedre fleksibilitet med tanke på fremtidige endringer samt en mulig innkorting av drivetiden for hovedtunnelen hvilket ikke skal belyses videre her.

Ved Troll fase I - utbyggingen har det også vært nødvendig å ta hensyn til den fremtidige Troll fase III - utbyggingen. Primært

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

Fjellet i området består av prekambrisk gneis med hovedsaklig granittisk sammensetning. Bergartstrukturens strøkretning er orientert tilnærmet N-S med varierende østlig fall. De største svakhetssoner er vist på vedlegg. De fleste svakhetssoner som skjærer tunnelen er vertikale og har strøkretning tilnærmet NS. Dette betyr gunstig skjæring med tunnelen. På bakgrunn av forundersøkelsene forventes ikke større problemer i svakhetssonene enn at de kan takles med konvensjonell tunneldrift. Det forventes stort sett moderate vannlekkasjer i svakhetssonene og i fjellet forøvrig.

Hovedtanken bak trasèvalget har vært å unngå de største svakhetssonene som løper mer eller mindre parallelt med tunnelen og samtidig tilstrebe størst mulig fjelloverdekning. Utslagsområdet er valgt på bakgrunn av tunneltekniske aspekter, men ikke minst plasshensyn på havbunnen og forhold forøvrig for rørledningene på havbunnen har vært vel så viktige momenter for valg av utslagssted. På land er det lagt vekt på å miske rørledningslengder mellom tunnelmunninger og ESD-ventiler ved væskefanger. Samtidig er det lagt vekt på å etablere utblåsningsretning bort fra gassbehandlingsanlegget dersom et totalt rørbrudd el. likende skulle skje i tunnelen. Dette er årsaken til det spesielle arrangementet med inngangstunneler og adkomsttunneler på land.

TUNNELTVERRSNITT/INSTALLASJONER

Vedlegg viser tunneltverrsnitt og rørarrangement for de to tunnelene. De foreslåtte tunnelprofiler i utslagsområdet er under revurdering og vil om mulig få reduserte høyder. I hovedtunnelen vil rørinstallasjon og tilbakfylling foregå i to faser. Først installeres eksportrørledningene og glykolledningen hvoretter omfyllingen skjer. Deretter installeres importrørene og omfylles. I sekundærtunnelen installeres opp til to rør samtidig og tilbakefylles i ett.

Når sjaktsprengningen inklusive utslagssalver er utført, vil sjaktene som har tverrsnitt ca. 30m^2 omgående bli inspisert og rensket med ROV. Dersom nødvendig vil også dykker bli benyttet. Dette som en forsikring om at sjaktene er klare for installasjon av stigerørene. Stigerørene installeres i ett som en importrørpakke med tre gassrør i importsjakten og en eksportrørpakke med opp til to gassrør i eksportsjakten. I sekundærtunnelens sjakt vil det også bli installert opp til to gassrør. Stigerørspakke er vist på vedlegg.

Før utslagssalven sprenges vil det bli montert krager av stål og betong i hver sjakt.

Stigerørpakkene vil bli produsert ferdig og sveiset sammen til en enhet før de blir fraktet ut til utslagsområdet på lekter og

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

løftet på plass ved hjelp av kranfartøy. Mellom kranfartøyet og kragene i sjaktene vil det bli montert to føringswirer for å lede stigerørpakkene ned i sjaktene.De omtalte krager i sjaktene vil bestå av en sammenhengende ståldel som monteres i sjaktene ved at de støpes inn i betong. For å sikre tilpassing til stigerørpakken, vil ståldelen av kragene bli produsert parallelt med og på samme sted som stigerørpakkene. Deretter vil de bli fraktet til anlegget for å monteres i sjaktene. Ståldelen vil bli designet og produsert tilstrekkelig solid til at kragene med betongfylling på innsiden motstår påkjenningen fra utslagssalven.

Avslutningsvis vil ferdig montert stigerørpakke bli omstøpt i betong.

GJENNOMFØRBARHET/SIKKERHET

Ved angjeldende tunnelprosjekt har det vært lagt mer vekt på både sikkerhet og gjennomførbarhet enn vanlig for norske fjellanlegg. Dette p.g.a de enorme konskekvenser det vil ha dersom det skulle oppstå svikt ved vesentlige deler av anlegget.

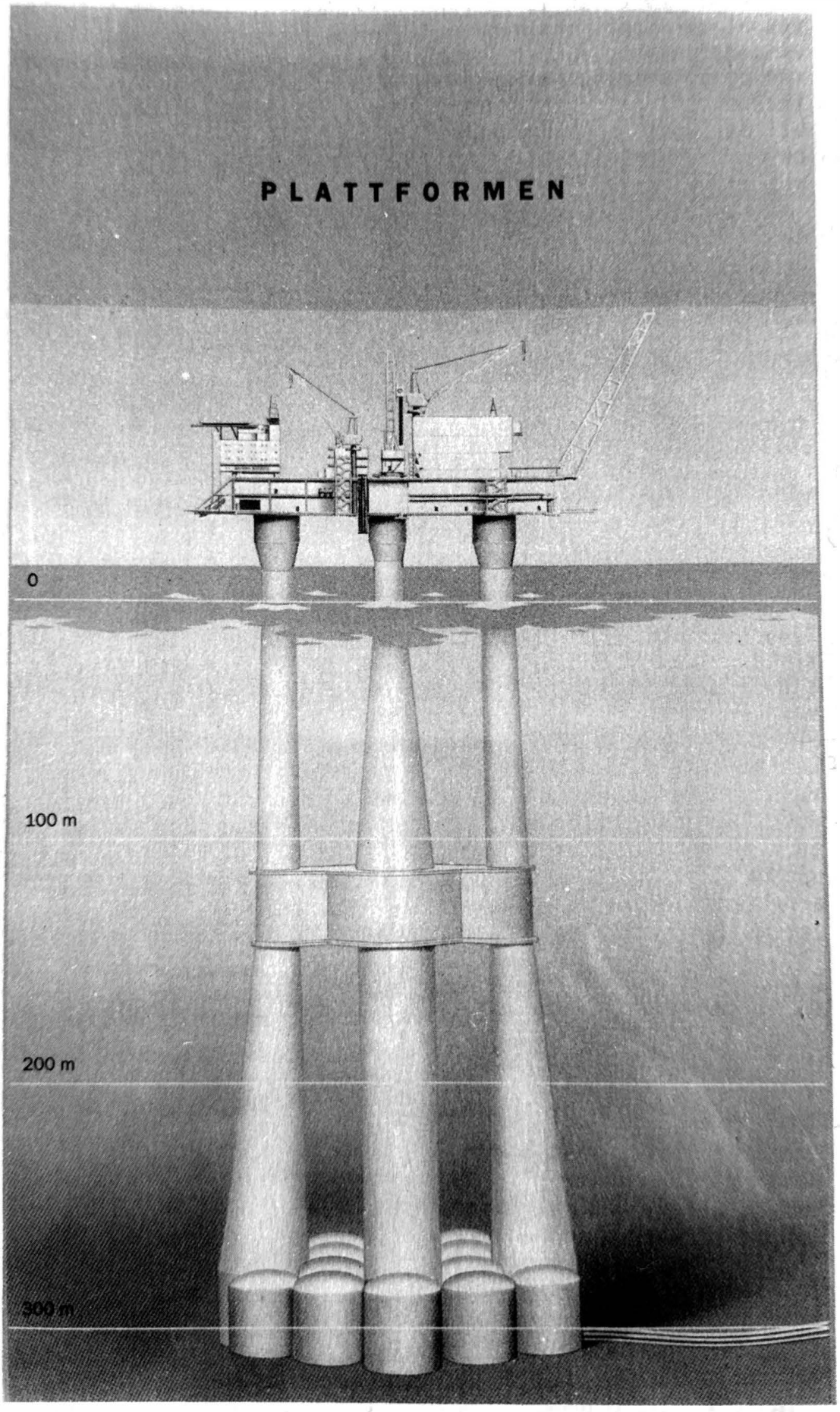
Ved siden av forundersøkelsene, der det er innhentet meget detaljerte opplysninger og data om fjellforholdene, vil selve tunneldriften være sikret ved intens overvåking både fra byggherre og entreprenør. Sonderboring foran stuff vil være en forutsetning for å frembringe relevante data om fjellet på et tidlig tidspunkt. I praksis regner en med at dette opplegget kombinert med det mest formålstjenlige utstyr for å utføre sikring vil ivareta tilstrekkelig sikkerhet mot ras eller vanninnbrudd.

Den mest kritiske del av fjellarbeidene er utslagene på ca. 170m vanndyp. Med dette som utganspunkt er det allerede utført verifikasjoner så langt i prosjekteringen både ved at de mest erfarne spesialister i Norge på de aktuelle fagområder er oppsøkt for å uttale seg om prosjektet, og ved at det er arrangert SAFOP. Disse verifikasjonene har ikke avdekket vesentlige svakheter i den prosjektering som til nå er utført.

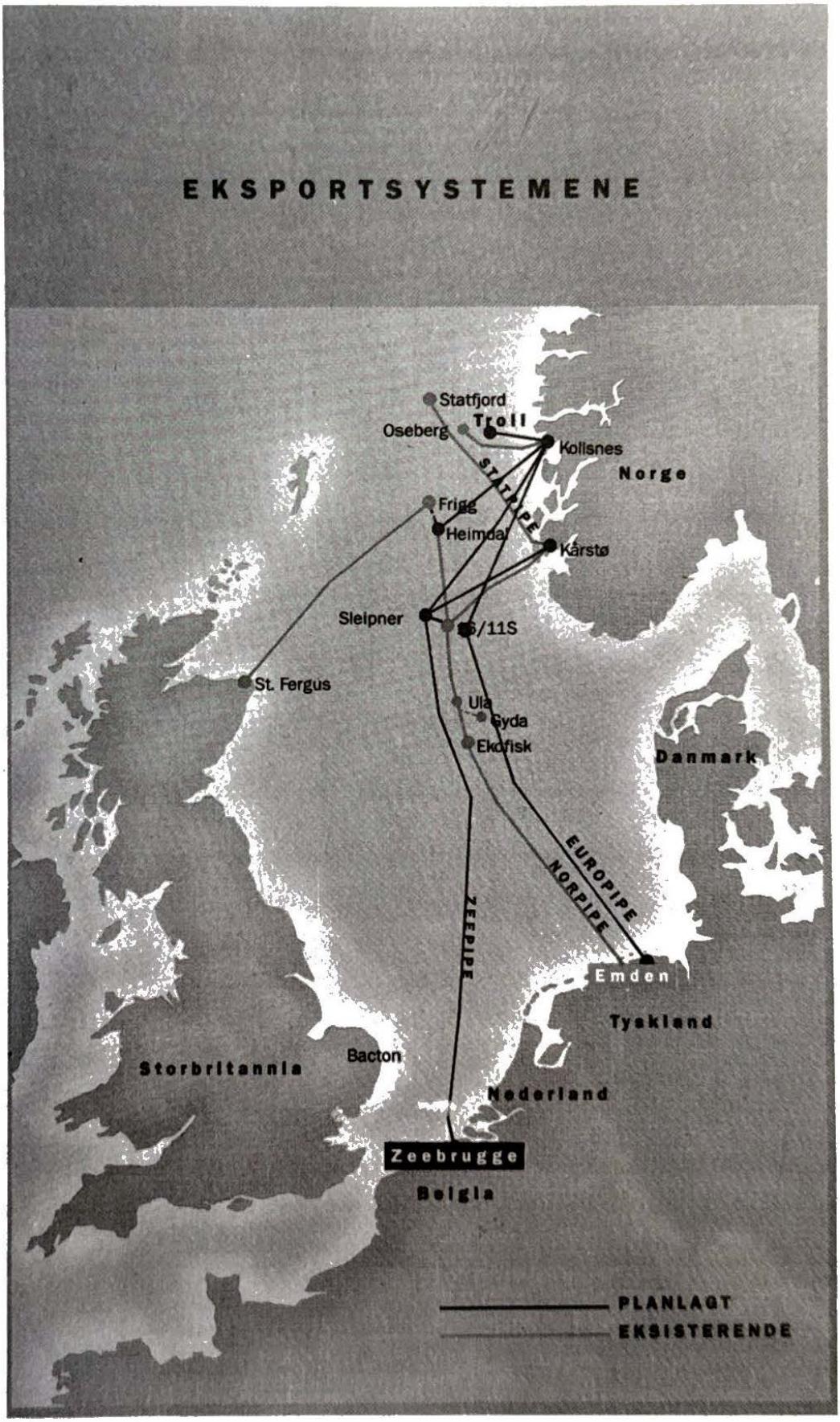
I opplegget for å sikre gjennomføbarheten av tunnelsystemet er det også regnet med ev. bypass av ras dersom dette mot all sansynlighet skulle bli nødvendig. Dersom sjaktdrivingen eller utslagssalven skulle feile, er det planlagt sprenging av alternative sjakter på luftsiden av betongbarrierene som vil bli støpt i grentunnelene ved sjaktene.

Nedgraving av rørene utføres for å gjøre tunnelene så sikre som mulig i driftsfasen. Likeså er det vurdert at vannfylling av tunnelen vil øke sikkerheten ved at en kan utelate ekstra installasjoner som er nødvendig i en tørr tunnel. Som en følge av dette vil jevnlige inspeksjoner være overflødig. Inspeksjon i seg selv innebærer risiko både for anlegg og involverte personer. Det er imidlertid planlagt å kunne tømme tunnelen for vann når dette er ønskelig for å inspisere.

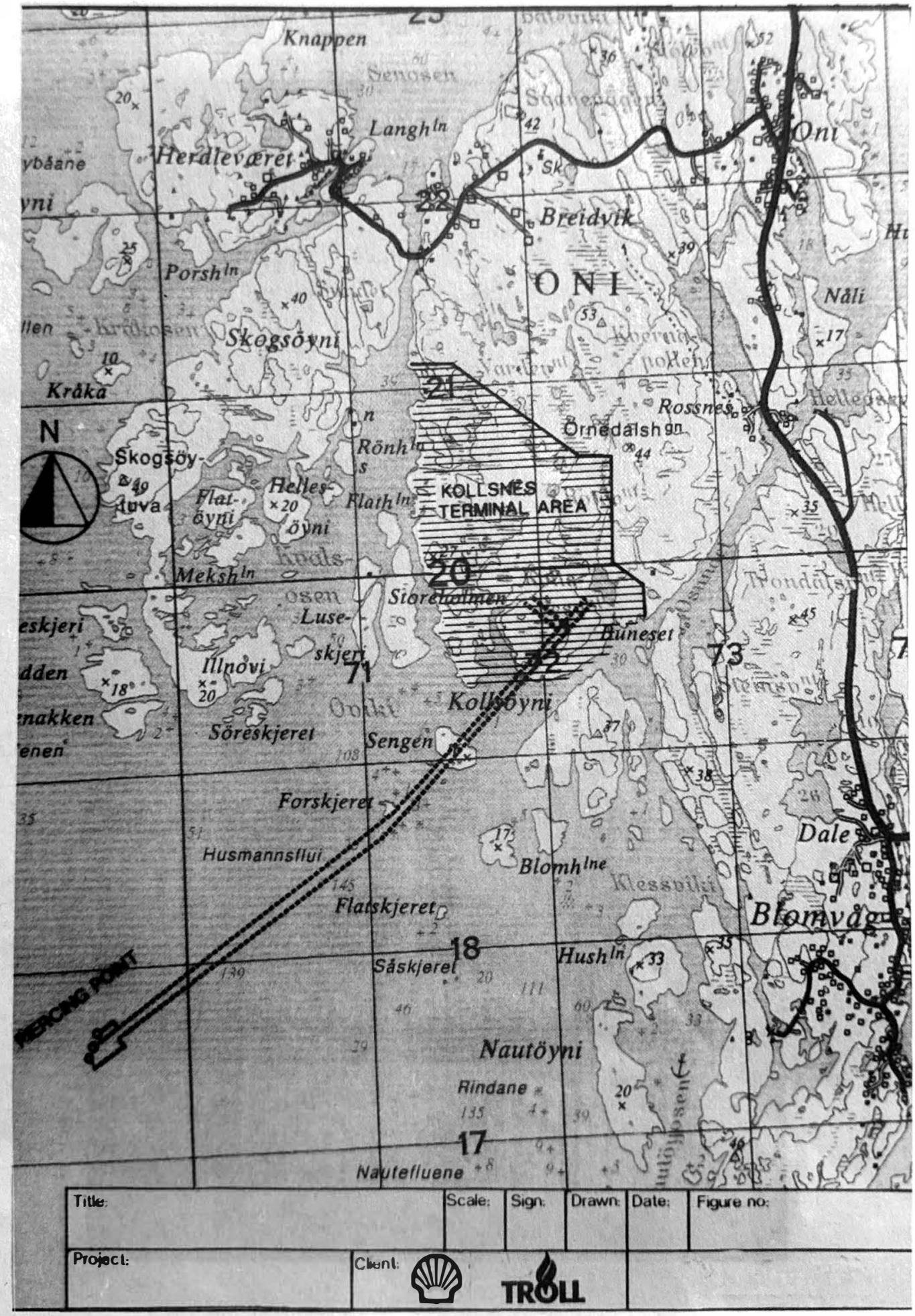
© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare



© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare



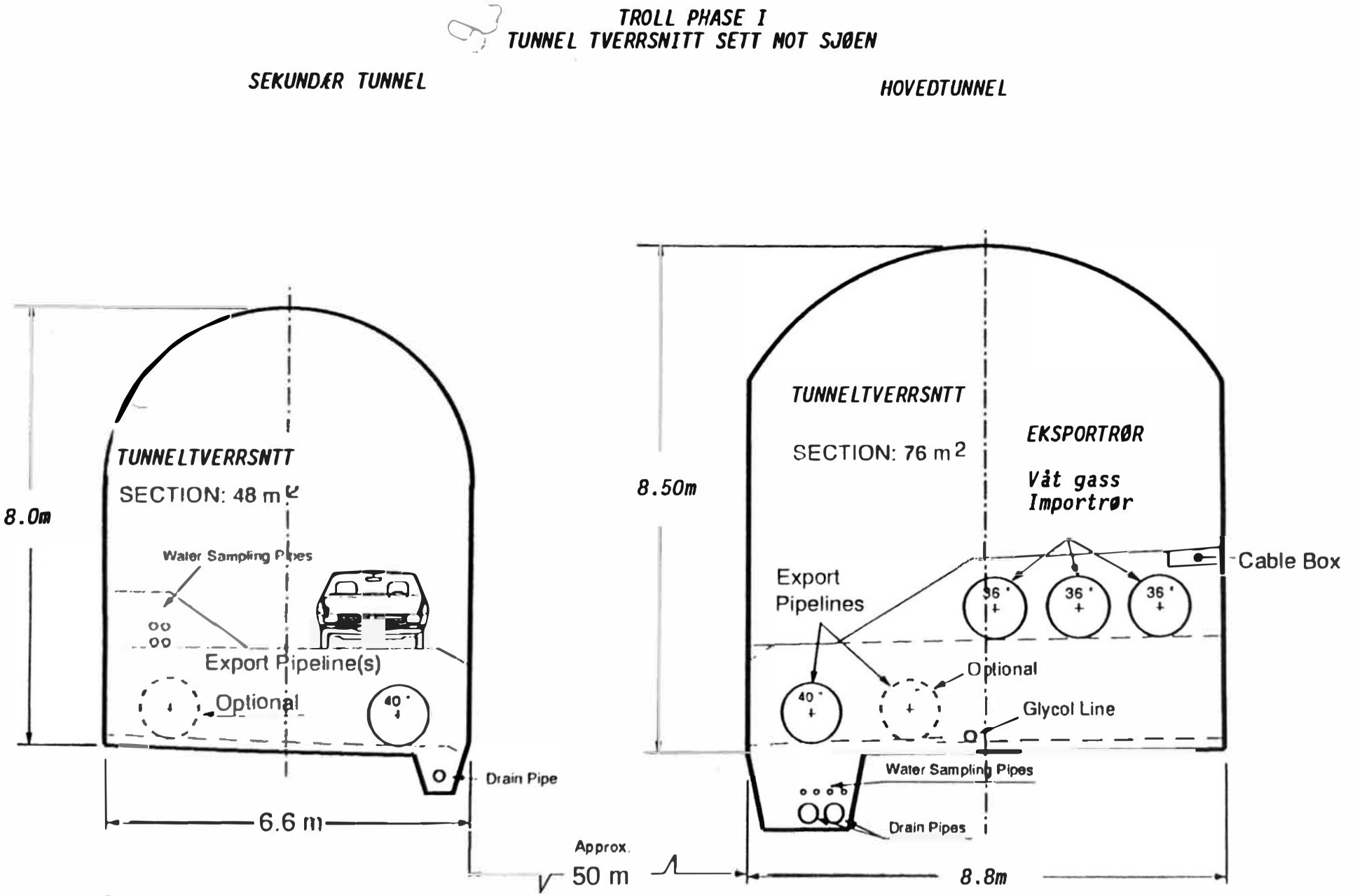
© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare



© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

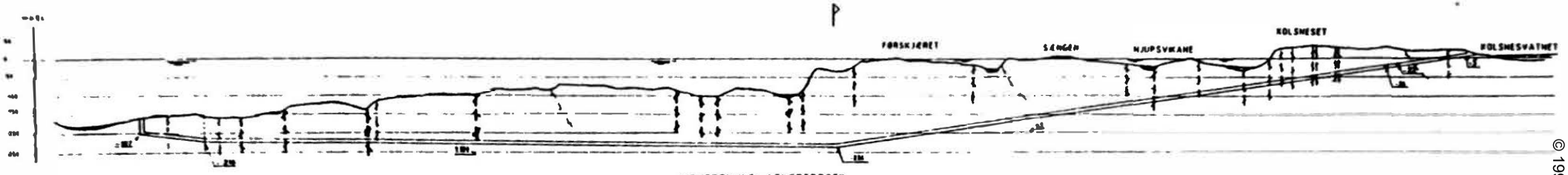
PERSPEKTIVSKISSE AV
TUNNELER OG LANDANLEGG

TROLL PHASE I
TUNNEL TVERRSNITT SETT MOT SJØEN

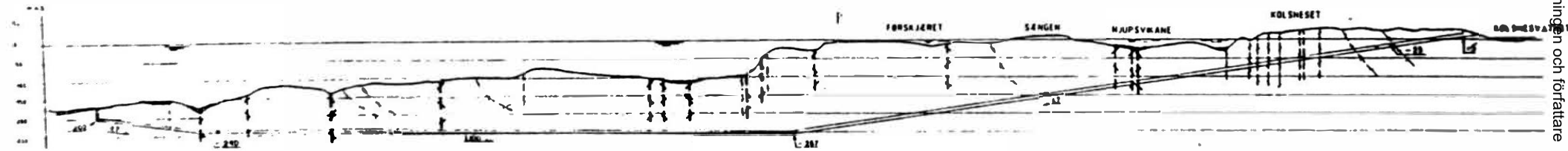


© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

LENGDEPROFILER AV TUNNELER



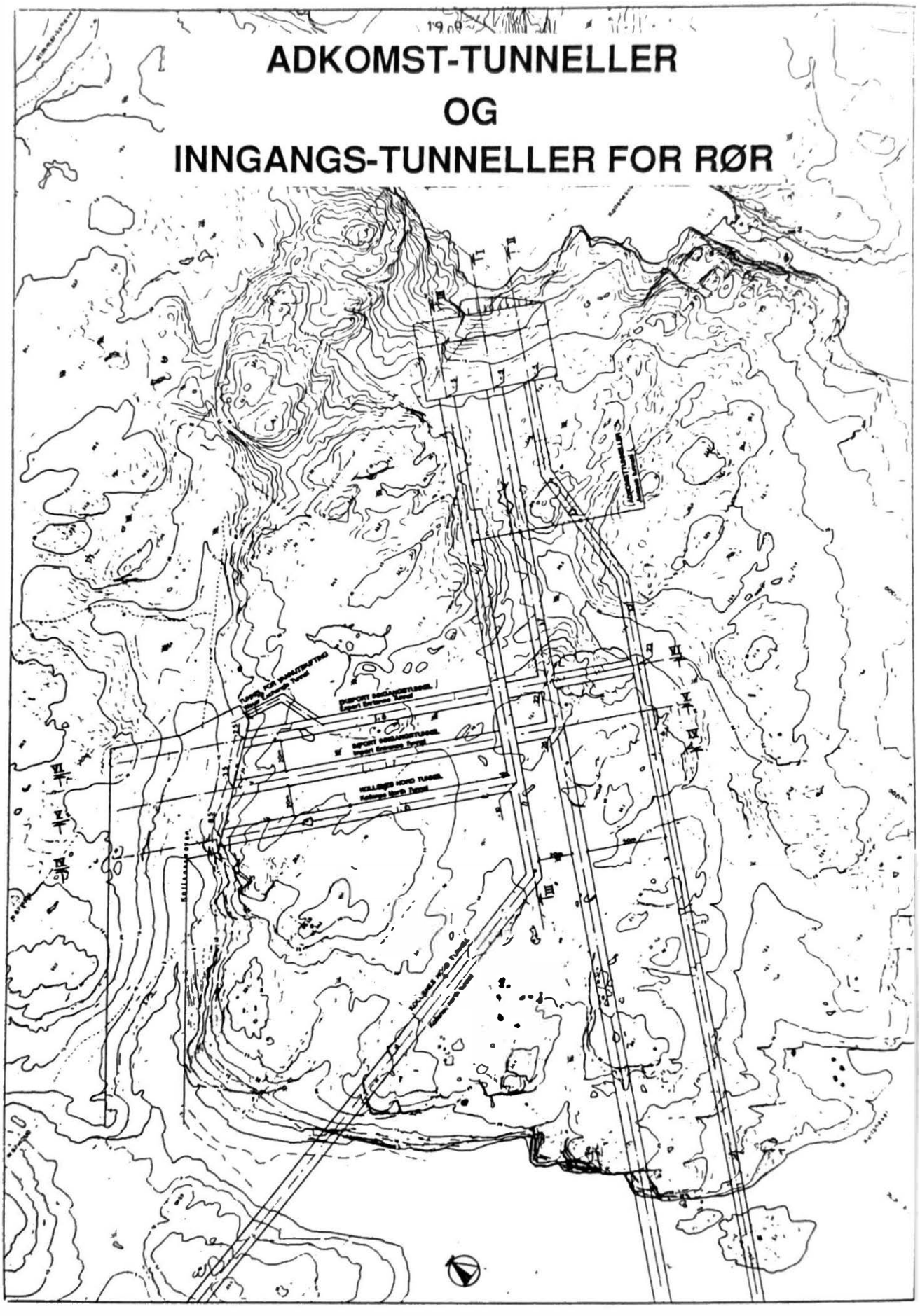
HOVEDTUNNEL LENGDEPROFIL
Main pipeline tunnel longitudinal profile



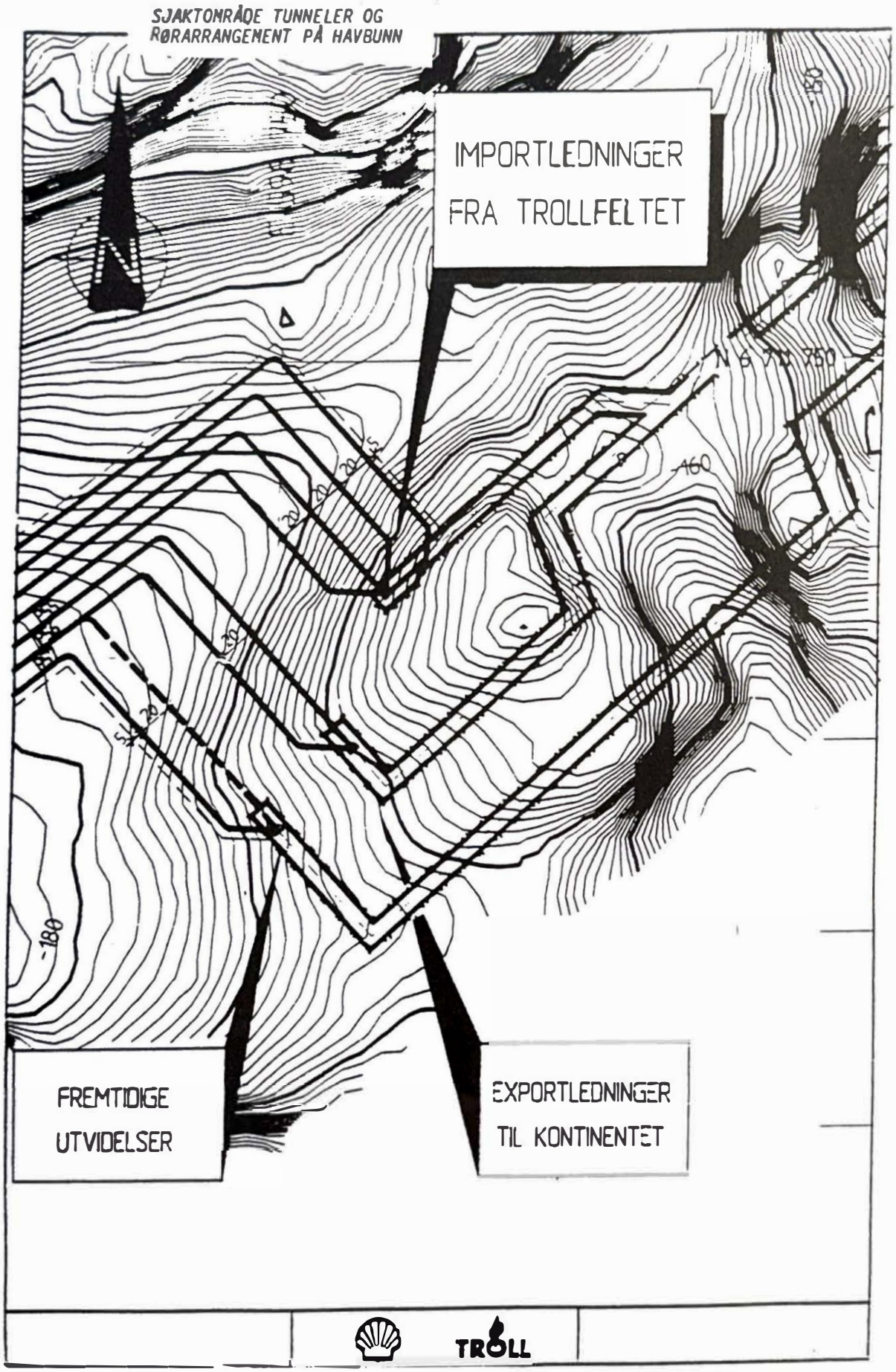
SEKUNDÆR RØRLEDNINGSTUNNEL LENGDEPROFIL ALT A
Secondary pipeline tunnel longitudinal profile Alt A

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

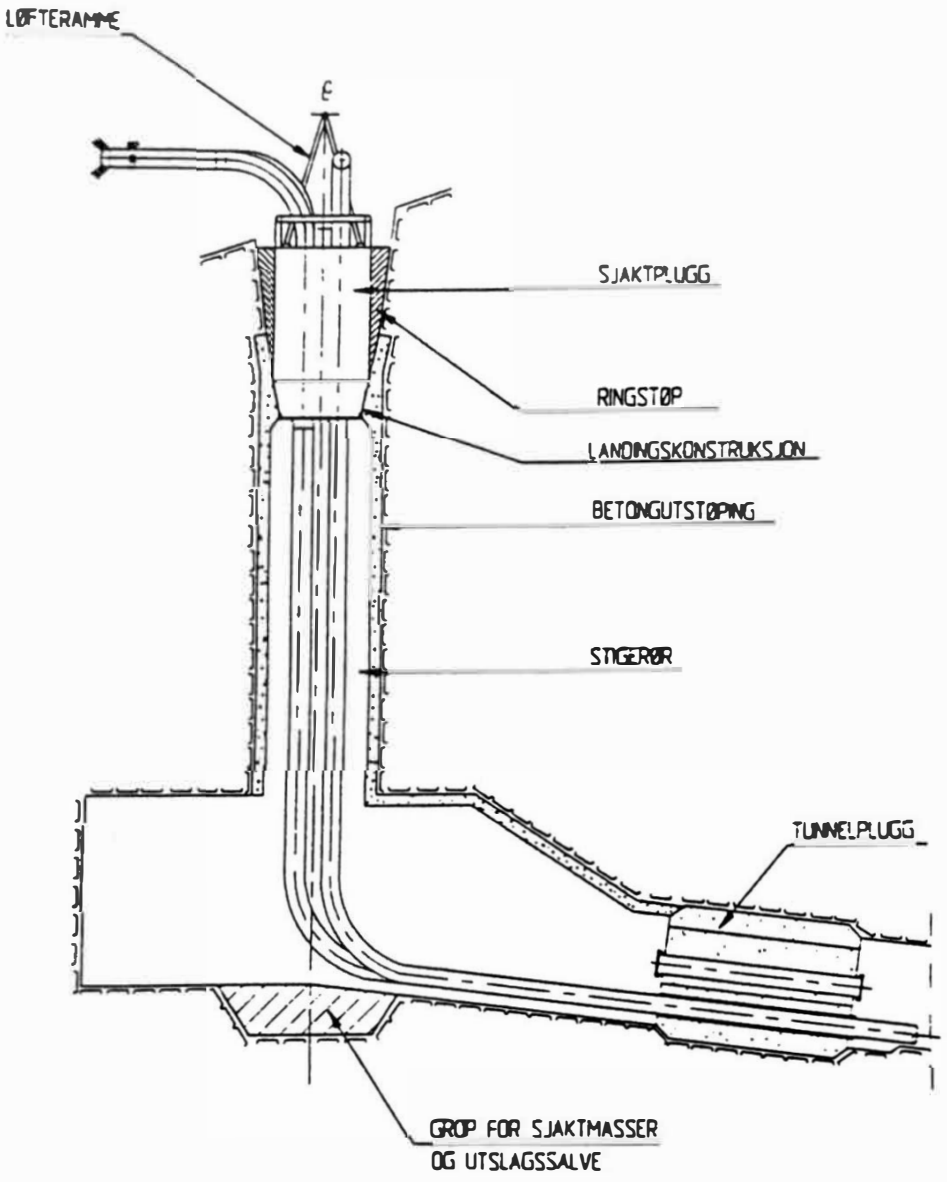


© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare



© 1993 Svenska Bergteknikföreningen och författare

SJAKT MED STIGERØRPAKKE



TROLL