

Bergvesenet

Postboks 3021, 7002 Trondheim

Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr BV 1357	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering Trondheim	Gradering Åpen
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr	Oversendt fra	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel Geologisk undersøkelse av tunnel under Bussesundet, Finnmark				
Forfatter Gyøry, Emil		Dato Mars 1978	Bedrift Statens Vegvesen Veglaboratoriet	
Kommune Vardø	Fylke Finnmark	Bergdistrikt Troms og Finnmark	1: 50 000 kartblad 25354	1: 250 000 kartblad Vadsø
Fagområde Geologi	Dokument type Rapport		Forekomster	
Råstofftype Byggeråstoff	Emneord Tunnel			
Sammendrag				

Oppdrag: Y-14C

Rapport nr: 2

GEOLOGISK UNDERSØKELSE AV TUNNEL UNDER
BUSSESUNDET, FINNMARK

Statens Vegvesen, Veglaboratoriet,

Gaustadalleen 25, Postboks 8109, Oslo Dep.



fylke:	Finnmark
anlegg:	Rv. 98 Tunnel under Bussesundet
parsell:	10
profil:	200 - 3500
UTM-ref.:	VD 265076 - 287084 (2535 IV)
seksjon:	46 - Geologisk
saksbehandler:	E. Győry /BN
dato:	Mars 1978

INNHold:

	Side
SAMMENDRAG	IIV
I INNLEDNING	1
II GRUNNLAGSMATERIALE	1-3
II.-1. Kartgrunnlag	1
-2. Flybilder	1
-3. Koordinatbestemmelse og høydegrunnlag	2
-4. Tidligere arbeider	2
-5. Rapporter utarbeidet sommeren 1977	2-3
III ARBEIDSMETODIKK	3-6
III.-1. Dykkerundersøkelser	3
-2. Seismiske målinger	3
-3. Fjellkontrollboringer	4
-4. Kjerneboringer	5
-5. Geologiske undersøkelser	6
IV GRUNNEFORHOLDENE	6-19
IV.-1. Topografiske forhold	6
-2. Løsmassenes karakter	7
-3. Berggrunnen	8
3.1. Sandstener	9
3.2. Konglomerater	10
3.3. Laminære siltstener og leirstener	10
3.4. Diabasganger	10
IV.-4. Tektonikken	11
4.1. Deformasjonsmønster	12
4.2. Oppsprekning	13
4.2.1. Sprekker og knusningssoner med N-S-retning	15
4.2.2. Øst-vest-gående sprekker og knusningssoner	16
IV.-5. Forvitring	18
V VALG AV TUNNELTRACÉ	19-23
V.-1. Påhugg	20
-2. Tunneltracé på Vardøya	21
-3. Tunneltracé under vann	21

INNHold FOfTS.:	Side
VI VIDERE UNDERSØKELSER	24-26
VI.-1. Undersøkelse på Vardøya	24
-2. " Svartnes	24
-3. " i sundet	25
VII TUNNEL OG SIKRING SARBEIDER	26-33
VII.-1. Forskjæring og påhugg	26
-2. Tunneldrift	28
-3. Sonderboring fra stuff	30
3.1. Kjerneboring	30
3.2. Hammerboring	31
-4. Vannsikring	32
4.1. Pumping	32
4.2. Forinjeksjon	33
4.3. Platetak	33
VIII KONKLUSJON	33-34

VEDLEGG:

Tegning Y-14c -20 : Geologisk oversiktskart M = 1:25 000.

-21 : Geologisk kart over Svartnes og Vardøya M = 1:5000.

-22 : Geologisk detaljkart med tracéforslag M = 1:3000.

-23 : Fjellkontrollboringer i sundet nr. 1-17 med profil og oversikt.

-24 : Fjellkontrollboringer i sundet nr. 18-22 med profil og oversikt.

-25 : Fjellkontrollboringer i sundet nr. 34-36 med profil og oversikt.

-26 - -61: Borlog fra borhull nr. 1-36.

-62 : Strukturdigram.

-63 : Strukturdigram med lagdeling, kløv og konstruerte faldingsaksler.

-64 : Sprekkeoser.

-65 : Forenklet geologisk profil gjennom Bussundet.

-66 : Lengdeprofil Alt. I og II profil 200 - 565.

-67 : " Alt. I og II profil 565 - 1200

-68 : " Alt. I 1200 - 1840 profil

-69 : Lengdeprofil Alt. I profil 1840 - 2470

-70 : " " " 2470 - 3100

-71 : " " " 1200 - 1800

-72 : " " " 1800 - 2580

-73 : " " " 2580 - 3210

-74 : Borplan ved påhugssted på Svartnes.

-75 : Forslag til seismiske tilleggsprofiler.

-76 : Forslag til skjæringsprofil og snøskjerm på Svartnes.

VEDLEGG FORTS.:

Bilag 1 b: Tegnforklaring for geologisk kart og profiler

" 1 c: Forskrifter for fjellundersøkelser ved
lufthammerboring

" 1 l: Tolking av stereonettene

" 2 : Liste over borhullenes koordinater i sundet

GEOLOGISK UNDERSØKELSE AV TUNNEL UNDER BUSSESUNDET, FINNMARK

SAMMENDRAG

Følgende undersøkelser er utført sommeren 1977 for å planlegge bygging av tunnel under Bussesundet:
Seismiske målinger, fjellkontrollboringer i sundet, geologisk kartlegning på land og under vann i sundet og kjerneboringer på land.

Seismiske målinger ble utført med et 24 kanalers registreringsutstyr og med en hydrofonavstand på 5 m. Posisjonering av målekabel og skudd på bunnen ble utført ved hjelp av dykkere. Det er målt i alt 10 seismiske profiler med en samlet profillengde på 9145 m derav 3 profiler med 1540 m på land.

I sundet ble det utført 36 fjellkontrollboringer med Roc 601 montert på en forankret lekter. Det ble utført automatisk registrering av borsynk, rotasjonshastighet og matningstrykk. I hullene er det også foretatt vanntapsmålinger, prøvetaking av spylevann og det er tatt opp korte kjerner fra 7 hull med en lengde fra 0,5 til 1,3 m.

Geologiske undersøkelser omfattet kartlegning, bearbeidelse av innsamlete data og undersøkelse av bergartsprøver i laboratoriet.

Kjerneboringene ble startet senere på høsten og hittil er det boret ferdig i 6 borhull. Undersøkelsen tar sikte på å skaffe kjennskap til fjellkvaliteten i de forskjellige bergartstyper og svakhetssoner i tunnelnivå. Det 7.-de og siste borhull er fremdeles under arbeid. I dette borhull vil en undersøke de vestligste lavhastighetsoner i sundet, ca. 100 m utenfor Svartnes.

Undersøkelsene bekreftet de tidligere anatgelser om fjellkvalitet og berggrunnens oppbygning. På dette grunnlag har man foreslått 3 tracéalternativer med største stigning på 80% og med minimum 30 m fjelloverdekning i sundet. Tracéforslagenes lengde ligger mellom 2540 og 2660 m.

Tunneldriften er foreslått med systematisk forinjisering i strekninger med vannlekkasje over 0,5 Lugeon og med sonderboring fra stuff. To typer sondering er diskutert, en med systematisk boring fra stuff under sundet med 200 m lange kjerneboringer, og en med korte hammerboringer på de steder, hvor en forventer dårlig fjell. For sikring av oppknuste fjellpartier under driften foreslås beredskap med sprøytebetong og eventuelt nedfrysning.

For å finjustere tunneltracéen foreslås seismisk tilleggsundersøkelse langs de foreslåtte tracéer med en tettere plassering av hydrofonene, som muliggjør en nøyaktigere registrering av smale knusningssoner. Videre er det nødvendig å undersøke det overdekkete påhuggsområdet på Svartnes for å finne plassering av tunnelåpning og å kontrollere fjelloverflatens beliggenhet i et 170 m lang overdekket tracélengde på Vardøya.

I INNLEDNING

En viser til Stortingsmelding 39 av 1977, med forslag til å gjenopppta tunnelundersøkelsene ved Vardø i forbindelse med fastlandsforbindelse. Forutsetningen ved tunnelundersøkelsene var, at en måtte kunne fullføre utredningen for tunnel i løpet av to år med anleggstart i 1979. For å løse oppgaven ble det våren 1977 nedsatt en arbeidsgruppe, "Bussesund-gruppe" bestående av medlemmer fra Finnmark Vegkontor, Vegdirektoratets Plan- og anleggsavdeling og Veglaboratoriet. Veglaboratoriets oppgave var å gjennomføre grunnundersøkelsene.

Undersøkelsene omfattet: Seismiske målinger, fjellkontroll-boringer og dykkerundersøkelser i sundet og geologisk kartlegning på land. Arbeidet i Vardø er ledet og utført av geolog E. Gyøry fra Veglaboratoriet i tiden 18/4 til 29/8 1977 med assistanse fra Finnmark vegkontor. I tillegg til de forannevnte undersøkelser ble det høsten 1977 også planlagt 7 kjerneboringer på land. Foreløpig er det utført boring i 6 av hullene, mens boringen av det 7.-de hullet frendesles pågår. En regner med at arbeidet blir avsluttet våren 1978. Beliggenheten av bro- og tunnel-tracéen, hvor undersøkelsene er utført i forbindelse med Vardø's fastlandsforbindelse er vist på oversiktskartet på tegn. nr. -20.

II GRUNNLAGSMATERIALE

II-1. Kartgrunnlag

Til undersøkelsene sommeren 1977 ble det benyttet kart i målestokk 1:1000, konstruert av Norfly A/S i 1975 og 1977 som omfatter områdene ved Svartnes og SV-lige Vardøya. Til kartlegningen forøvrig ble det brukt kart i målestokk 1:5000 fra Økonomisk Kartverk.

II-2. Flybilder

Til geologisk kartlegning ble det også benyttet flybilder fra Widerøe's flyveselskap A/S fra følgende fotooppdrag. Oppgave 1195: stripe J, bilde nr. 6-16 og stripe K, bilde nr. 1-7: videre oppgave 3595: stripe L. nr. 4-17, stripe M. nr. 2-14, stripe N: nr. 1-5, stripe O: nr. 3-5, stripe P: nr. 3-9 og stripe Q: nr. 2-6.

II-3. Koordinatbestemmelse og høydegrunnlag

Posisjonering av de seismiske profilene ble utført av landmålere fra Geoteam A/S, mens posisjonering ved dykkerundersøkelser og fjellkontrollboringer i sundet ble utført med teodolitt fra nærliggene polygonpunkter av mannskap fra Vegkontoret i Finnmark. Alle koordinater for de nye fastmerker og borpunktene i sjøen er bestemt og oppgitt i landnettets akse VII. Liste over de nye fastmerkene og deres koordinater finnes på bilag nr. 2.

Ved boring i sjøen er dybdeangivelser basert på avlesning av vannstandmerker oppsatt på begge sider av sundet. Nullpunktet på vannstandsmerkene er nivellert fra polygonpunkter og angitt med referanse til NGO's nullpunkt. NGO's nullpunkt ved Vardø ligger ca. 1,8 m lavere enn Sjøkartverkets nullnivå, som er benyttet til dybdeangivelse i dykkerrapporten.

I følge Geoteam A/S er nøyaktigheten i høydebestemmelsen ved de nye punktene på land ca. + 2 cm, mens nøyaktigheten i dybdebestemmelsene ved borhullene i sundet ligger ca. + 15 cm.

II-4. Tidligere arbeider

Til planlegging av sommerens undersøkelse er det benyttet data fra Veglaboratoriets rapport Y-14C nr. 1 av 6. oktober 1976, som inneholder en liste over de tidligere arbeider, som kan bidra til tolkning og vurdering av grunnforholdene ved Bussesundet. En fullstendig liste over de hittil utførte arbeider i tilknytning til fastlandsforbindelse finnes i Veglaboratoriets rapport: Y-14 nr. 5 av 18. juni 1974.

II-5. Rapporter utarbeidet sommeren 1977

Følgende rapporter ble utarbeidet av konsulenter i forbindelse med sommerens undersøkelser:

N-M. Hanken, A. Mørk og P. Svensson, Universitetet i Oslo:
Rapport om geologisk kartlegning i Bussesundet, Vardø,
datert 1. juli 1977.

Geoteam A/S: Seismiske refraksjonsmålinger for tunnel under Bussesundet i Finnmark. Rapport nr.: 4612,02 av 8. november 1977.

Ingeniør A.B. Berdal A/S: Utredning om: erfaringer og litteraturstudier vedr. dykkede fjelltunneler - driftsmetoder - enhetspriser. Rapporten datert 1. desember 1977

III ARBEIDSMETODIKK

III-1. Dykkerundersøkelser

Dykkerundersøkelsene ble utført av geolog-froskmenn fra Universitetet i Oslo i tidsrommet 4.-19. juni 1977 da det var forholdsvis dårlig, 4-10 m sikt i vannet. En uvanlig tett vegetasjon av tang og tare vanskeliggjorde forholdene ytterligere både med hensyn til observasjons- og bevegelsesmulighet på bunnen. Dykking ble foretatt kun i strømsstille perioder og posisjonering av dykkeren, som ble trukket av en båt med en line, ble bestemt ved krysspeiling av to landmålere på anrop. Feilmarginen for dykkerens posisjon er anslagsvis angitt til ca. ± 10 m. I enkelte punkter er denne feilen sannsynligvis større, men i gunstige tilfelle kan den være vesentlig mindre. Områder med berg på bunnen er i samsvar med resultatene hentet fra seismikk, men de er vesentlig mindre. Strøk- og fallobservasjoner og bergartsbestemmelsene er sannsynligvis usikre p.g.a. dårlig sikt og vegetasjon på bunnen. Resultatene fra dykkerundersøkelsene er delvis tatt med på kartet over Bussesundet på tegn. nr. -22 og figurene på tegn. nr.-64.

III-2. Seismiske målinger

Arbeidet i marken ble utført av Geoteam A/S i tiden 18/4 til 24/9 1977. Det er foretatt målinger langs 7 profiler i sundet og langs tre profiler på land, på Svartnes-siden. Profilene i sundet er fastlåst med koordinatbestemte bolter og innmålte "dropp"-steiner på bunnen. Posisjonsbestemmelse av boltene er utført ved triangulering mellom NGO's triangelpunkter både på fastlandet og på Vardøya. Nøyaktigheten i koordinatbestemmelsene tilfredsstiller i følge Geoteam A/S kravene til stikningsgrunnlag. For posisjonering av dropsteinene langs profilene i sundet angis en nøyaktighet på ± 2 m.

De seismiske målinger ble utført med en 24 kanalers registreringsutstyr. Hydrofon/geofon-avstanden var 5 m og med skuddavstand på 25 m. Ved målingene i sjøen har Geoteam A/S benyttet spesialbygde hydrofonkabler, trukket langs bunnen ved hjelp av et wirespill på land. Posisjonering av hydrofonkabler og skudd er utført av froskemann for å oppnå størst mulig målenøyaktighet. Resultatene fra de seismiske målinger ble meddelt fortløpende, slik at en stadig hadde mulighet til å forandre og tilpasse den gjenstående del av undersøkelsen med de allerede utførte målinger.

De seismiske målinger gir grunnlag for å bestemme dybden til sjøbunnen og dybden til grunnvannspeilet på land, fjelloverflatens beliggenhet under løsmasseoverdekning, vurdering av løsmassenes pakningsgrad, og vurdering av fjellkvalitet i den øverste del av berggrunnen. Fordelingen av de seismiske lavhastighetsoner og dybdekartet som viser fjelloverflatens beliggenhet i sundet er avmerket på det vedlagte kart, tegn. nr. -22 og profiler.

Mer utførlig informasjon finnes i Geoteam's rapport nr. 4612,02.

III-3. Fjellkontrollboringer

Boringene i sundet ble utført av Hagconsult A/B fra Stockholm med lekter fra Nordive A/S og arbeidsledelse fra Norges Geotekniske Institutt. Arbeidet i marken tok til den 10. juli 1977 og ble avsluttet den 9. august 1977.

Det ble boret 36 borhull langs eller parallelt med seismisk profil nr. 1 og 2. Borpunktene er fortrinnsvis forsøkt plassert i lavhastighetsoner, eller på steder hvor en ønsket å kontrollere resultatene fra de seismiske undersøkelsene.

Boringen er utført med Roc. 601 plassert på en lekter, holdt på plass ved hjelp av 4 ankere. Fra midten av lekteren ble et 10" stålrør senket til bunnen i sjøen. Bormaskinen var plassert over røret, slik at boringen foregikk gjennom dette røret. Utsetningen av borpunktene er utført ved hjelp av overettmerker, plassert langs en rett linje på begge sider av sundet, og ved sikt med teodolitt med en forutberegnert vinkel. Posisjonering av borpunktene ble deretter bestemt ved fremskjæring fra to polygonpunkter. Dybden ble målt på 10" røret, mens vannstanden er bestemt ved avlesning av tidevannsnivå på vannstandsmerkene.

Under boringen ble det utført kontinuerlig registrering av matningstrykk, borsynk og rotasjonshastighet. Ved boring gjennom løsmasser ble odexutrustning benyttet. Vanntapsmåling er utført i samtlige hull, der hvor dette var gjennomførbart med opptil 5 kg overtrykk. Det ble foretatt korte kjerneboringer i 7 hull med lengder fra ca. 0,5 m til 1,3 m. Under boringen viste det seg at det var vanskelig å avgjøre grensen mellom løsmasse og berg, fordi bunnen var dekket av grov-blokkige sedimenter med omtrentlig samme borsynk som bergarten nedenfor. Det ble derfor fra borhull 4 og utover også foretatt prøvetaking av spylevannet. Bergartsfragmentene ble deretter tørket og undersøkt petrografisk i laboratoriet. Grensen mellom berg og overliggende løsmasser ble bestemt ved hjelp av fordelingen av de enkelte bergartstyper i prøvene, sammenholdt med registreringen i borhullene.

Plasseringen av borhullene er vist på kartet over Bussesundet, tegn. nr. -22. Steder med tettere boring er vist på spesialkart, tegn. nr. -23, -24 og -25, mens borprofilene er vist enkeltvis på tegninger fra tegn. nr. -26 til nr. -61. Liste over borpunktene koordinater finnes som vedlegg på bilag 2 bak i rapporten.

III-4. Kjerneboringer

Kjerneboringene på land ble påbegynt den 30. september 1977 og bortsett fra mindre avbrytelser pågår de fremdeles. Arbeidet utføres av Terranor A/S.

Det er planlagt 7 kjerneborhull for å undersøke bergartstypene som tunnelen vil krysse gjennom, svakhetsonenes beliggenhet og fjellkvalitet i tunnelnivå. Det er utført 4 boringer på Vardøya og 3 på Svartnes. Det 3.-je og siste borhull på Svartnes, som er planlagt til ca. 180 m lengde, bores med 30° helning fra horisontalen, er fremdeles under arbeid. I dette borhull ønsker man å undersøke den vestligste lavhastighetsone i sundet, med den mest markerte topografiske trekk på bunnen i form av en forsenkning.

Plasseringen av borhullene på Vardøysiden er innmålt og avmerket på tegn. nr. -22, mens borhullene på Svartnes er forflyttet noe fra den opprinnelige posisjon, og er derfor ikke avmerket på kartet. Borhull nr. 5 og nr. 6 ligger noe vestenfor enden av seismisk profil nr. 3, mens borhull nr. 7 er plassert vest for enden av seismisk profil nr. 2.

Resultatene fra kjerneboringen er ikke tatt med i rapporten, men en vurdering av de foreløpige resultatene er innarbeidet i konklusjonen.

III-5. Geologisk undersøkelse

Det ble utført innsamling av geologiske data i et område som omfatter en ca. 2-4 km bred stripe på fastlandet fra Domen i syd til Prestnæringsbukta i nord, og hele Vardøya med de tilhørende øyene omkring. Man har spesielt lagt vekt på å observere de ulike sedimentære og tektoniske strukturer og oppsprekningsgraden i bergartene ved siden av den vanlige kartlegningen, som går ut på å lokalisere de forskjellige bergartstyper og de øvrige observasjoner i terrenget.

Det innsamlete materiale ble detetter bearbeidet og analysert med tanke på å forutsi bergartstypers og svakhetsoners beliggenhet, og deres beskaffenhet i overdekkete områder samt i tunnelnivå. Bergartsprøver, og prøver fra sprekkesoner, ble undersøkt med mikroskop på Veglaboratoriet. Enkelte mineralprøver ble også sjekket med rtg.diffraksjon på Geologisk Museum. Videre ble prøver av sandsteinen og leirsteinen sendt bort til testing, med tanke på å undersøke borbareheten i de to viktigste bergartstyper i området.

En del av den geologiske kartlegning er presentert i rapporten, mens resten foreligger inntegnet på løse kartblad i målestokk 1:5000 fra den Økonomiske kartserien, og videre på kartblad i målestokk 1:1000. Kartbladene med inntegnet geologi er oppbevart på Veglaboratoriet.

Kartlegningen er utført av geolog fra Veglaboratoriet.

IV GRUNNFORHOLDENE

IV-1. Topografiske forhold

Terrengformene i området består av slake tilnærmet N-S-strykende rygger med fast berg i dagen og overdekkete forsenkninger mellom. Overflateformene gjenspeiler i grove trekk bergartsfordelingen og deres foldestruktur. Dette henger sammen med isbevegelsens retning, som stort sett faller sammen med bergartenes strøkretning.

Massive sandsteinslag danner forhøyninger slik som på Vardøya, på den østlige delen ved Vårberget og i nord ved Skagen, hvor de flattliggende sandsteinslagene danner de høyeste punktene på øya.

På fastlandet har man likeledes de høyeste toppene med store sammenhengende sandsteinslag, slik som ved Domen i syd og fjellryggene i nord fra Smelror mot Storsteinshøgda. Bløte bergarter, som leirstein eller alternerende leirstein og sandsteinslag, danner de laveste partier. Likeledes kan de N-S-strykende knusningssoner representere lignende forsenkninger i terrenget.

I området langs den aktuelle tunneltracé er både terrengflatene og fjelloverflaten på land og i sjøen bestemt med seismikk, tilnærmet flatt med en høydeforskjell på ca. 30 henholdsvis 40 m i en strekning på ca. 3-4 km, vinkelrett isbevegelsens retning. I sundet viser fjellkontrollboringene at bestemmelsen av fjelloverflaten under løsmassene som gjennomsnittlig er mindre enn 5 m med største tykkelse like utenfor Vardøya, på ca. 13 m - er i god overenstemmelse med seismikken. Når en betrakter de samtlige 36 borhull, ser man at det gjennomsnittlige avvik i dybdebestemmelsen til fjell er 2 m lavere i boringene enn i seismikken. Det største avvik er registrert i en 8 m bred lavhastighetssone i borhull nr. 21 som er 10,3 m. Grunnen til de store avvikene er at i de seismiske lavhastighetssoner, hvor dybden til fjell i mange tilfelle kun er angitt omtrentlig med en stiplete linje i profilene. Hvis man derimot betrakter kun de boringene som er avsatt utenfor slike soner (se tegn. nr. -26 - -61), blir avviket vesentlig mindre nemlig ca. -0,25 m gjennomsnittlig, som er i samme størrelsesorden som målenøyaktigheten.

IV-2. Løsrassenes karakter

De geofysiske målinger viser stor lateral variasjon i seismiske hastigheter i løsmassene. Undersøkelser utført i forbindelse med bro ved Tyvholmen viser at på bunnen består løsmassene vesentlig av morene- og noe fluviale avsetninger, som ligger lagvis (se Veglaboratoriets rapport, Y-14 nr. 6 av 8. oktober 1976).

På land er løsmassene ikke undersøkt, men en antar at de består av utvasket morenegrus med liten eller ingen finkornig materiale. På Vardø siden er det kun små løsmasser i forsenkningene, men på Svartnes tiltar tykkelsen av løsmasser innover mot land til ca. 20 m eller mer. Terrengoverflaten på Svartnes ligger på kote 8-10 m og er stort sett flat med noe brattere helning ut mot sjøen.

De seismiske profilene tyder på at grunnvannsnivå faller ca. 1 m pr. 100 m mot sjøen.

Grunnvannsnivåets beliggenhet og permeabiliteten i løsmassene har betydning for vegtracéen ved det vestlige tunnelinnslag og diskuteres senere under kap. VII på side

IV-3. Berggrunnen

Berggrunnen i området er bygget opp av ung-prekambriske lavmetamorfe sedimentbergarter, som er gjennomgått av post-tektoniske diabasganger. Sedimentene ved Vardø hører hjemme i Barents-Sea gruppens Båsnærings-formasjon, som består av massive fin- til middelskornige, grå- og rødfarvete sandstener, laminære siltstener og leirsteiner, vesentlig med grå farge.

Sedimentene er friske og inneholder en rekke sedimentære strukturer (diagonalskiktning, erosjonskanaler, bølgeslagsmerker, gradert lagning, strømningsmerker, tørkesprekker, forskjellige "load-cast"-strukturer og regndråpeavtrykk), som i hvert fall rundt Vardøya tyder på en normal lagstilling med de eldste bergarter nederst.

Bergartene er foldet etter en N-S til NV-SØ-lig foldingsakse med en svak overbikking mot vest. Dette innebærer at bergartene som tunnelen skal gjennom, har en gunstig strøkretning i forhold til tunnelretningen.

Det er ofte vanskelig å skille de noemer grovkornige sandstener fra de finkornete sedimenter i terrenget. Spesielt gjelder dette for siltstenene som er kartlagt både som sandsten og som leirsten, avhengig av deres utseende på forvitret overflate. Samtidig viser samtlige bergarter en sterk lateral variasjon og derfor er de grå bergartene lite egnet som kartleggbare ledehorisonter i regional målestokk. De røde sandstener derimot, som har en mektighet på opp til 200-300 m, kan følges i flere km lengde, og kan derfor lett benyttes som gode ledehorisonter.

Forordelingen av bergartstypene i regional målestokk er vist på det geologiske oversiktskart tegn. nr. -20, hvor man har antydning en viss samhörighet mellom blotningene. P.g.a. den sterke variasjon mellom de forskjellige bergartstyper er det nødvendig å forenkle det geologiske kartbildet. Bergarter, avmerket som leirstein, kan inneholde tynne sandstenslag, og omvendt finner man tynne leirstensbenker mellom sandstenene. I områder nær tunneltracéen, hvor en har kartlagt i målestokk 1:1000, har man forsøkt å skille ut lag med 1-2 m tykkelse, men lengre borte fra tracéen hvor kartlegningen er utført i målestokk 1:5000, er dette ikke gjennomførbart.

Geologisk kart rundt Bussesundet er vist på tegn.nr. -21, mens kartet nærmest tunneltracéen forminsket til målestokk 1:3000 er vist på tegn. nr. -22.

IV-3-1. Sandstener

Det er to typer sandstener i området nemlig en rød og en grå type.

De røde sandstenene forekommer vesentlig i et ca. 150-300 m tykt sammenhengende lag. Dessuten finnes to tynnere røde sandstenslag i området ett like under og ett, noe tykkere lag, over det mektige røde sandstenslaget.

De grå sandstenene forekommer sjelden i store sammenhengende lagserier, men helst i tynne lag i vekslning med leirstein og siltstein. Sandstenene danner 1-2 m tykke massive benker med et tynt leirstenslag mellom. Mengden av leirstein er vanligvis noe mindre i de røde bergartene, men ellers, er de bortsett fra fargen, helt like, både med hensyn til mineralogien og deres mekaniske egenskaper. Lagene viser ofte bølgeslagsmerker og diagonalskikting i til dels stor skala med flere til-talls meter brede erosjonskanaler. Oppfølging av de enkelte sandstenslag i terrenget er derfor meget vanskelig og ofte umulig.

Sandstenen kan også forekomme i tynne isolerte lag i leirstenene, hvor de av og til kan vise uregelmessige "pute-strukturer" av "load-casts". Slike strukturer kan danne intrikate "Foldemønster" som imidlertid ikke må forveksles med de tektoniske foldestrukturene. De førstnevnte er dannet under sedimentasjonen, men de tektoniske strukturene er dannet senere under selve foldingen av hele bergartskomplekset.

IV-3-2. Konglomerater

Konglomeratene er av intraformasjonal type og forekommer stedvis i forskjellige sedimentasjonsnivåer, gjerne i tilknytning til lokale erosjonskanaler. Fragmentene i konglomeratet består vesentlig av små leirstensbiter nedsedimentert i en sandig grunnmasse. Av bergmekanisk henseende oppfører konglomeratene seg som sandstener. Et slikt konglomeratlag forekommer på Steilneset på Vardøya, hvor laget vil bli merkbar rundt påhuggstedet.

IV-3-3. Laminære siltstener og leirstener

De finkornige bergarter er gjerne grå av farve, men av og til med et svak grønnlig skjær. De er vesentlig mørkere enn sandstenene. Det finnes også rød leirsten, men kun i mindre mengde og vesentlig knyttet til de røde sandstener.

I den tidligere rapporten ble de finkornige bergarter kalt skifere, p.g.a. deres skifrige opptreden. Navnet skifer er imidlertid knyttet til metamorfe bergarter, mens bergartene ved Vardø ikke er metamorfe, eller kun har gjennomgått en svak omvandling. Karakteristisk særlig for siltstenene, er, at de er bygget opp av 0,5-2 cm tynne lag med gradert lagning. Både leirsten og siltsten har en velutviklet kløv i motsetning til sandstenene, hvor kløven mangler helt eller kun er svakt utviklet.

IV-3-4. Diabasganger

Det er kartlagt en rekke gjennomsettende diabasganger med retning NØ-SV. Retningen kan imidlertid variere meget fra N 15 til N 100, d.v.s. øst-vest. De er vertikale eller har et steilt fall til begge sider. Gangenes tykkelse varierer fra få cm opp til 10-15 m. Den lengste sammenhengende gang er fulgt i ca. 3 km lengde, men i de fleste tilfelle er dette ikke mulig p.g.a. overdekning.

Det er observert 9 diabasganger langs kysten ved Svartnes og det samme antall ganger på den sydlige Vardøya mot Busseundet. Dette betyr nødvendigvis ikke at gangene hver sin side av sundet er i kontinuerlig sammenheng. Deres tykkelse varierer fra 3-4 m og kan tynne ut helt i lengderetningen. Gangene har en skarp intrusiv grense til sidebergarten med en finkornig avkjølingsrand.

Sammensetningen av gangen varierer en del fra grensen inn mot gangmidten, men variasjon i lengderetningen er ikke observert. Det er derimot en viss forskjell mellom de enkelte ganger, som f.eks. den nordligste gang på Svartnes og den nordligste av de 9 gangene på sydlig Vardøya skiller seg vesentlig fra de øvrige.

Gangene har intrudert langs NØ-SV-gående sprekkesoner, som har vært aktive også etter at gangene er kommet på plass. Gangene gjør ofte et "hopp" ved N-S-gående sprekkesoner, og i enkelte tilfelle er de så sterkt oppknytt at aldersrekkefølgen kan være usikkert. Det er imidlertid helt vanlig at preeksisterende sprekker kan forårsake oppsprekning i tynne gangbergarter, som er intrudert etter at sprekke ble dannet.

På de geologiske kartene er gangene avmerket med sort strek og med et bokstavsymbol "d" for diabas.

En mer inngående beskrivelse og illustrasjon av samtlige bergartstyper finnes i Veglaboratoriets rapport nr. Y-14C nr. 1.

IV-4. Tektonikken

For å forutsi beliggenheten av et bergartslag eller en geologisk dislokasjon under overdekning, eller mer generelt under overflaten, er det nødvendig å ha kjennskap til bergartstypene, deres fordeling, dannelsesmåte og deformasjonshistorie. De nødvendige opplysninger kan en hente fra følgende kildemateriale:

1. Geologisk kart, som viser fordeling og geografisk beliggenhet av de forskjellige bergartstyper på overflaten.
2. Observasjoner av grenseforhold mellom de ulike bergartstyper samt primære strukturer, som er knyttet til bergartenes dannelseshistorie (f.eks. sedimentære- og magmatiske strukturer).
3. Observasjoner av planstrukturer, som lagning, andre primære grenseflater, forskjellige kløvretninger som har en genetisk sammenheng med foldingen, sprekke- og knusningsplaner, som kan ha en bestemt geometrisk relasjon til de krefter som forårsaket deformasjonen.
4. Observere andre tektoniske (sekundære) strukturelementer, som foldeakser til småfolder, slepefolder, lineasjon mellom lagflater og kløv, glidestriper på lagflater og andre bruddflater osv. som kan gi opplysning om foldenes retning og form, og til slutt

5. Analyse av de tektoniske strukturene sammen med vurdering av samtlige innsamlede data.

Pkt.-ene 1-4 utføres under kartlegningen i marken, men pkt. 5 utføres dels i marken og dels på laboratoriet og på kontoret. Av plass og tidshensyn er den analytiske delen sterkt begrenset i rapporten. Dette gjelder presentasjon og diskusjon av de innsamlete geologiske data, men spesielt fremstilling av strukturdiagrammer, hvor det ville ha vært ønskelig med en like detaljert utførelse og beskrivelse av hele det kartlagte område, slik som det er gjort for de to delområdene Svartnes og Steilneset (fig. 3 og 6 på tegn. nr. -62) ved tunneltracéens umiddelbare nærhet.

IV-4-1. Deformasjonsmønster

Bergartsfordelingen, de primære sedimentære strukturer og de tektoniske småstrukturer gir grunnlag til å danne en foldetektonisk deformasjonsmønster av bergartene med tilnærmet N-S-lig foldingsakser. Ved Bussesundet heller foldingsaksen svakt mot S, men dog med mindre variasjoner. Aksehelningen i nord ved Skagen på Vardøya er ca. 20° sydlig. Mot syd forandrer akselhelningen seg gradvis, og ved Engelsviktangen er den ca. 25° nordlig. Ved tunneltracéen ligger foldingsaksen igjen tilnærmet horisontalt, men lengere mot syd ved Domen er helningen igjen sydlig.

Bergartene, på Vardøya og på fastlandet nær Bussesundet, danner en stor antiklinalstruktur med en svak ca. 70° overblikking mot vest (se profil på tegn. nr. -65 og diagrammene på tegn. nr. -63). Selve foldekneet, dvs. der hvor ombøyning av lagene er foregått, danner en ca. 100 - 200 m bred sone, som i nord ligger med senter på vestsiden av Skagen. Den strekker seg sydover, og samtidig flytter den seg noe lengre ut i sundet. Ved Engelsvikodden ligger den såvidt inn på land; men rundt tunneltracéen ligger ombøyningen sannsynligvis i området mellom midtryggen og det dypeste partiet like ved Vardøya.

Det er ingen kartleggbare sammenheng mellom de samhørende lagene på de to motstående foldeflanker, men bergartsgrensens forløp i terrenget og opptreden av lag i en riktig stratigrafisk rekkefølge indikerer i store trekk et foldemønster som man har fått ved hjelp av analyse av de tektoniske diagrammer (fig. 1-6 på tegn. nr. -63) og skissert ovenfor.

Et profil gjennom Bussesundet mellom Smelror og nordlige Vardøya tegn. nr. -65 viser at antiklinalen er assymetrisk, og akseplanet er overblikket med ca. 70° mot vest. I profilet, mellom Svartnes og Steilneset, tegnet på grunnlag av de observerte lagflaters helning på begge sider av sundet og lagflatenes helning målt i borkjerner fra sundet, kan en konstruere en lignende antiklinal. Feliggenheten av det røde sandstenslag i sundet er basert på foldetektoniske indikasjoner bekreftet med funn av røde bergartsfragmenter i løsmassene på bunnen i de vestligste borhullene i sundet. Ved opptegning av profilet med de gitte helningsvinkler viste det seg, at man ikke fikk plass til alle lag mellom det røde sandstenslaget på foldeflankene. Det er derfor antydnet i profilet en revers forkastning i den mest markerte lavhastighetsonen i sundet. Langs forkastningen er antydnet en spranghøyde på ca. 1000 m, men den er sannsynligvis mindre. Grunnen til at en antar at spranghøyden er mindre er:

1. Det er sannsynlig at det foregikk en slik oppskyvning langs flere parallelle flater, enn den som er inntegnet i profilet.
2. Oppbulingen i foldingsaksens helning ved Engelsvika gjør det usikkert å anslå foldingsaksens helning i det aktuelle område.
3. Langs den Ø-V-gående forkastningen mellom Engelsvika og profilet i syd, ved siden av en horisontal bevegelseskomponent, kan det også ha foregått en bevegelse i vertikal retning.

De siste to kan også medføre at ombøyningen av antiklinalryggen ligger noe lavere enn antydnet. Disse antagelsene vil imidlertid ikke innfluere på tunnelen på annen måte enn at fordelingen av de forskjellige bergartstyper blir noe anderledes og området med flat lagstilling blir noe lengre enn antydnet i profilet.

Tverrdeformasjonen, som sannsynligvis forårsaket den svake aksekulminasjonen ved Engelsvika og den NV-SØ-løpende forkastningen på NØ-lig Vardøya, gjør at sprekkemønsteret er noe forskjellig på sydlig Vardøya (se side 27a)

IV-4-2. Oppsprekning

Sprekker og knusningsoner ble observert og kartlagt på land og plottet inn på strukturdiagrammer sammen med lagdeling og kløv i de respektive delområder (tegn. nr. -62). Fra områder som ligger lengst fra tunneltracéen ble sprekkene kun delvis plottet i diagrammene.

Observasjon av sprekkeflater og lagflater i sjøen ble utført av dykkere, men pga. dårlig sikt og bevegelsesmulighet på bunnen ble de enkelte strøkmålinger ikke spesifisert.

Større knusningsoner i sundet som ligger under overdekning er kun registrert med seismikk. For å få en viss for-
mening om hvor meget av svakhetssonene som ble registrert ved seismikk under overdekning ble det utført måling i et profil, hvor berget ligger helt uten overdekning i dagen. Beliggenheten av lavhastighetsoner i profilet var noenlunde slik, som man skulle vente fra kartlegningen, men gangbergarter og mindre sprekkesoner lot seg ikke observere. Områder med større sprekketetthet ga heller ikke alltid utslag i de seismiske diagrammer. Dette viser at ikke alle svakhetsoner blir registrert med seismikk og på den andre siden representerer heller ikke alle registrerte lavhastighetsoner nødvendigvis dårlige fjellpartier i tunnelnivå.

I de seismiske profilene har man registrert omtrent dobbelt så mange knusningsoner i N-S retning enn soner med retning tilnærmet Ø-V. Dette er i samsvar med observasjoner på land selv om kartbildet ikke umiddelbart gir det samme inntrykk. Hyppigheten av de N-S-sprekkene pr. arealenhet er generelt av samme størrelsesorden, både på land og i sundet. På steder hvor de N-S-gående svakhetsoner lett kan observeres på land har man noe mindre avstand mellom dem, mens det på Svartnes og sydlig Vardøya ikke synes å være tilfelle. Dette skyldes at på disse steder har man vesentlig N-S-gående rygger med forholdsvis mye overdekning i mellom som hindrer observasjonsmuligheten av de N-S-gående sprekkeene.

Markerte Ø-V-gående sprekkesoner derimot er observert tettere på land enn ut i sundet. Dette kan igjen skyldes observasjonsforhold. På land er det lettere å registrere de Ø-V-gående sprekkesoner på de N-S-lige ryggene, mens det i sundet er for få profiler, som kan registrere sprekker i denne retning. De fleste av de Ø-V-gående sprekkeene på land er også for smale til å kunne registreres i de seismiske profilene med det anvendte utstyr.

Når man sammenligner hyppigheten og retningene av de visuelt observerte sprekker på land og i sjøen, synes uoverenstemmelsen å være enda større. Sprekkeobservasjoner på Svartnes og på Vardøya, både fra land og fra sundet, er fremstilt i sprekkeroser på tegn.nr. -64. På Svartnes viser observasjonene et markert maksimum i N 70 retning, mens observasjonene i sundet har en maksimum rundt N 160 - 170. Når man vet at lagflatenes og kløvflatenes strøk er rundt N 160 - 170, og disse observasjoner også er tatt med i sprekkerosene i sundet,

da blir overensstemmelsen vesentlig bedre. Det samme er tilfelle på Vardøsidan. Der har lagflatene en tilnærmet N-S-lig retning, dvs. rundt N 180 - 190. Hvis en tar disse målingene bort fra sprekkerosen blir likheten noe bedre. Den gjenstående forskjell mellom de to sprekkeroser på Vardø-siden kan imidlertid skyldes, at det er alt for få observasjoner, som er gjort i sundet, og disse målingene er ikke representative nok.

En kan samtidig se forskjellen i å vise sprekkefordelingen i sprekkeroser og i stereografiske projeksjoner (Wulff-nett)

På stereografiske projeksjoner kan man klart skille sprekkeene med samme retning, men med forskjellige fall, mens dette på sprekkerosene ikke er mulig. Sammenligning av fig. 1 på tegn. nr. -64 med fig. 3 på tegn. nr. -62 viser klart fordelene ved å presentere sprekkeretningen i en stereografisk projeksjon, fremfor i en sprekkerosediatram.

Det er forholdsvis mange sprekker i området. For en del av disse sprekkes vedkommende kjenner man ikke alltid deres opprinnelse og sammenheng med deformasjonsmønsteret i området. Det er derfor mest hensiktsmessig å gruppere sprekkeene etter deres retning uansett deres dannelses måte og alder.

IV-4-2-1. Sprekker og knusningsoner med N-S retning

Denne gruppen av sprekker kan deles videre inn i tre mindre grupper.

1. N-S-gående longitudinale sprekker
 2. " " knusningsoner dannet langs lagflatene under folding.
 3. " " Knusningsoner tilnærmet parallelt akseplanet.
1. Longitudinale sprekkeene er utviklet stedvis. Sprekkeene er glatte og opptrer ofte som stikk. Sprekkeåpningene er vanligvis liten, og er under 1 cm. Sprekkesetettheten, der hvor de er observert, er rundt 1 sprekk/1-2 m.
 2. Under foldingen foregår en bevegelse mellom lagene, som ligger ovenfor hverandre. Laget, som ligger øverst, beveger seg oppover mot antiklinalryggen, i forhold til det laget som ligger under. Denne bevegelse foregår vanligvis langs lagflatene og spesielt i tilknytning til den finkornige lett deformerbare leirstenbergarten.

Glidestriper på lagflater viser ofte bevegelsesretningen, og sonen som de opptrer i er ca. 1-5 cm tykk.

Der hvor bergarten er noe mer massiv, kan det foregå en oppknusning, som kan variere i tykkelse. Slike knuste soner er ofte gjennomtrengt av hydrothermale kvarts-, kalkspat-, og klorit-ganger, og kan i gunstige tilfelle følges opp til et par 100 m i lengderetningen. Tykkelse av slike knuste soner er rundt 20-50 cm, men det har vært observert soner opp til 1-2 m mektighet, f.eks. på Skagen i nord og Vårberget på østlig Vardøya. En del av de registrerte lavhastighetsoner i sundet er sannsynligvis av denne type. Bergarten i knusningssoner er lettsmuldrende og ofte med uregelmessig skarpkantete hulrom. Slike soner vil gi vannlekkasje og dårlig fjell i tunnelen.

3. Knusningssoner i den tredje gruppen ligner på dem som er beskrevet i gruppe to. De er dannet enten i foldeknær eller langs mindre slepefolder på foldeflankene. Slike knusningssoner er observert på den nordlige del av Vardøya og i tilknytning til den NV-SØ-gående forkastningen på østlig Vardøya.

Knusningssoner av samme karakter, men dog med noe forskjellig opptreden, har man spesielt på den nordlige del av Svartnes, hvor de danner en spiss vinkel med lagdelingen. Sonene har et steilt fall mot øst, og bevegelsen har foregått på den måten, at den østlige bergartsblokk har beveget seg oppover i forhold til den vestlige. Hydrothermale kvartsganger er vanlige, men også kalkspat og kloritt forekommer sammen med litt feltspat langs sprekkene. Predden på slike knusningssoner, der hvor de er observert, er vanligvis mindre og sjelden så stor som 50 cm, men større N-S-gående overdekkete områder kan skjule vesentlig bredere soner. I tunnelen vil slike soner gi dårlig fjell med vann, og fjellkvaliteten blir sannsynligvis dårligere, enn det som er tilfelle ved knusningssoner i gruppe to.

IV-4-2-2. Øst-vest-gående sprekker

Retningen og helningen av disse sprekker er mer uregelmessig, og likedan kan deres dannelsesmåte og tidspunkt være diskutabel. Det er ingen skarp skille mellom de nedenfor oppstilte sprekegrupper. Enkelte grupper kan mangle eller være kun svakt representert i et område og omvendt andre steder. De yngste sprekkene finnes sannsynligvis blant sprekker i gruppe 3, mens aldersrekkefølgen mellom

de øvrige er usikker. Inndelingen er derfor igjen basert på likhet mellom deres retning og helning. Sprekkene deles inn i 4 grupper.

1. Sprekker med retning ca. N 70^Ø med gjennomgående vertikalt eller steilt fall til begge sider.
2. Sprekker med knusning i retning ca. N 120^Ø med steilt fall mot syd.
3. Sprekker og knusningsoner med forholdsvis stor variasjon mellom N 10^Ø og N 70^Ø med helning mot NV.
4. Sprekker med samme retning som foran, men med slak helning mot SØ.

1. De mest vanlige sprekker i området har en retning tilnærmet N 70^Ø. De opptrer både som stikk og knusningsoner med bredde fra få cm til vanligvis 10-20 cm. Slike knusningsoner kan i enkelte tilfelle være opp til ca. 1 m bred.

I de fleste tilfelle kunne man ikke observere dislokasjon langs sprekkesonene, men spredt over hele det kartlagte område har man observert mindre forkastninger langs dem. Dislokasjonen i horisontalretning er fra få cm og opp til 2-3 m. Glidestriper, som kunne antyde bevegelsesretning, er ikke observert. Bevegelsesretningen ved de observerte dislokasjoner er alltid vestlig i den nordlige blokken, i forhold til blokken som ligger S for forkastningen.

Sprekker i denne gruppe opptrer så og si overalt, men dog i mindre mengde på sydlig Vardøya.

2. Sprekkene fra gruppe to finnes vesentlig på vestlig del av Vardøya, hvor de vanligvis opptrer som tynne stikk. Sprekketettheten er varierende fra 2-10 sprekker/m. Sprekkene kan stedvis ligge så tett i tynne soner på opp til 10-15 cm, at disse ble kartlagt som knusningsoner.
3. Sprekkene forekommer som tynne stikk og knusningsoner. Gangene i området er intrudert langs disse sprekker eller sprekkesoner. De forekommer over hele det kartlagte område, men uten å dominere. Rundt tunnel-tracéen forekommer de med størst hyppighet på nordlig del av Svartnes og vest for minkfarmen på Vardøya. Ellers finnes de kun sporadisk, men mest på fastlandet. Sprekkenes karakter er den samme som for sprekkene i gruppe 1.

4. Der er slakt hellende sprekker og derfor vanskelig å observere, fordi sprekkenes ligger tilnærmet parallelt med overflaten. De forekommer mest som stikk og ofte med kvarts-, kalkspat-, kloritt- og litt feltspatbelegg langs sprekkeflatene, som kan være opp til 1 cm.

I området rundt tunneltracéen har man ikke observert knusning langs slike sprekker, men den er vanlig lengre mot N ved Smelror, og ble også sett ved sydlig Svartnes. Helningen på Svartnes er $10-30^\circ$ mot syd, mens den på Vardøya er noe større og faller både mot nord og mot syd. Sprekkesetettheten på Vardøya synes å være rundt ca. 2 sprekker/m, mens den er noe mer varierende og usikker på fastlandet.

Av de Ø-V-løpende sprekker og knusningsoner er det vesentligst knusningsoner i gruppe 1 og 3, som vil ha størst betydning for tunnelen. Hvor slike soner krysser tunnelen, vil man få dårlig fjell i hvelvet med vannlekkasjer. De største problemer vil oppstå der, hvor sprekkenes ligger tilnærmet parallelt med tunnelretningen, og der hvor sprekkenes ligger i sandstein.

For illustrasjon av sprekkenes og deres opptreden henvises til Veglaboratoriets rapport Y-14C nr. 1.

IV-5. Forvitring

Bergarten er vanligvis frisk og uomvandlet like overflaten. Forvitringen trenger inn i bergarten langs sprekker, og da spesielt langs knusningsoner. Frostforvitringen, som er mest aktiv i området, virker sterkest langs sjøen, hvor bergarten ligger udekket av snøen og får en stadig tilførsel av vann i form av sjøsprut. Vannet trenger seg ned i sprekker, og ved frysning sprenges bergarten i stykker.

For å bedømme hvor dypt forvitringen trenger ned i bergarten, kan vi benytte observasjonene fra steinbruddene i området, indikasjoner fra de seismiske målinger og fra boringer som er utført både i sjøen og på land.

I steinbruddene ser man at lite oppsprukket berg virker tett 2-3 m under overflaten, sprekkesonene derimot viser løst fjell helt ned til bunnen dvs. ned til ca. 10-15 m dypde.

De seismiske profilene i sjøen viser en noe lavere hastighet i dagfjellsonen øverst i ca. 2-4 m tykkelse, men denne sone kan flere steder mangle helt. På land kan dagfjellsonens tykkelse gå opp til ca. 8-9 m i de seismiske profilene.

Vanntapsmålinger utført i sjøen viser forholdsvis liten vannlekkasje. Målingene i sjøen er utført med 5 kg overtrykk og gir vannlekkasje i knusningssonene fra 0-70 liter i 10-15 m's borlengde.

På land avtar vannlekkasjene i borhullene etter 10-15 m under overflaten. I svakhetsoner på Vardøya ble det målt 40 Lugeon i 20 m dybde i et borhull som er boret i sandsten, mens svakhetsonene på Svartnes kun ga 4 Lugeon i 40 m dybde. Vannlekkasjene er oppstått i knusningssoner, mens resten av borhullene var tette. Det viser at man vil få de største vannlekkasjene nær tunnelåpningene, der hvor tunnelen går i dagfjell, ned til ca. 20 m under overflaten. I resten av tunnelen vil vannlekkasjen vesentlig konsentrere seg om enkelte vannførende sprekker og sprekksoner.

For å minske vannmengden i tunnelen mest mulig foreslås, at minste fjelloverdekning under vann må være ca. 30 m.

V. VALG AV TUNNELTRACE

Av sikkerhetsmessige grunner og for å få minst mulig vannlekkasje i tunnelen ble det tidligere i rapporten foreslått, at avstanden fra tunneltaket til fjelloverflaten under vann skal være minst 30 m. Stigningen i tunnelen er fastlagt til 80%. Dette innebærer, at overdekningen og stigningsforhold bestemmer tunnel-lengden ved det aktuelle topografiske forhold og i stor grad også beliggenheten av tracéen. Med disse to forutsetninger for øye ble det så forsøkt å finne en tunneltracé, hvor man tar hensyn til følgende punkter:

1. Finne et egnet påhuggsted,
2. unngå flest mulig lavhastighetsoner og knusningssoner,
3. tilpasse tunnelretningen til en gunstigst mulig vinkel i forhold til de geologiske retningene på stedet,
4. tilstrebe en gunstigst mulig linjeføring
5. etterkomme kommunens ønske ved valg av påhuggsted og tilknytning til byen.

På dette grunnlag er foreslått tre tracéalternativer, som er vist på tegn. nr. -22. Alternativ I gir den korteste tunnellengde, men en stor del av tracéen ligger noe sønnenfor det undersøkte område. Alternativ II følger

tracéen til alternativ I på Vardø side til prof. lengde 1200, herfra bøyer tracéen av mot nord og fortsetter vestover mellom seismiske profil 1 og 2, og kommer opp på land ved antatt høyest liggende fjell under overdekning på Svartnes. Alternativ III. er foreslått av Vegdirektoratets Planavdeling og følger mer eller mindre samme tracé som Alt. II, men med et noe annet påhuggsted på Svartnes. Det er nettopp grunnen til, at Alt. II og Alt. III behandles særskilt. Lengdeprofilene for Alt. I og Alt. II er vist på tegn. nr. -66 til -73.

Tabell med tunnellengde og øvrige data, som kan lette sammenligning av de tre alternativer finnes på side 23.

V-1. Påhugg

Ved 30 m fjelloverdekning under vann og 80% stigning trenger man ca. 900 m tunnel for å komme opp til overflaten fra det dypeste punktet i sundet på Vardø siden. På Svartnes, hvor fjelloverflaten i sundet avtar slakt, trenger man kun ca. 450 - 500 m tunnel, regnet fra kystlinjen, til å komme opp til overflaten.

Det er naturlig å plassere påhuggsted og tunneltracé på Vardø langs den 10 m høye fjellryggen ved Østervågen. På denne måten kan man benytte Steilneset i lengderetning til å drive den delen av tunnelen, som nødvendigvis må ligge med bergoverdekning mindre enn 30 m. Ved en slik linjeføring oppnår man å kunne fundamentere veien på fjell til +3 m nivå ut mot Østervågen, noe som er tilstrekkelig til å hindre, at sjøvann kan renne ned i tunnelen. Til sammenligning kan en nevne, at kaianleggene i Vardø har høyde fra 2,5 m til 3,7 m over NGO's 0 punkt.

På Svartnes ytterst mot Bussesundet har man kun en ca. 350 m bred sone med fjell over nullnivå, hvorav kun ca. 50 m er i dagen. Avstanden fra kystlinjen til påhuggsted er 450, noe som medfører, at med en rett linjeføring vil veien ligge på løsmasser flere meter under havets overflate, og selve påhuggstedet vil ligge under løsmasseoverdekning. Fjelloverflatens beliggenhet og løsmassenes karakter i området er kun dårlig kjent. Fjellkotene er basert på to seismiske profiler, som ligger ca. 300 m fra hverandre og fjellkotebestemmelsen er således mer usikker enn i sundet. Ut fra seismikk antar en, at grunnvannsnivået ut mot høsten ligger på kote +5 langs tracéen nærmest tunnel og ca. +4 m i motsatt retning.

De foreslåtte påhuggstedene på Svartnes må derfor betraktes som et prinsippforslag, og må undersøkes nærmere. Den videre diskusjonen her er basert på antagelsen av, at fjellkotekartet er riktig, og at grunnvannsnivået ligger i den antatte høyden.

Ved alternativ I ligger veinivå ved påhuggsted på kote -10 m og vil stige til ca. -3 til -4 m, hvorfra veien må fundamenteres på løsmasser. Veibanen vil hele tiden ligge under grunnvannsnivå helt til ca. +4 m kote. Dette innebærer, at veibanen utenfor tunnelåpningen vil ligge under grunnvannsnivå i ca. 170 m lengde, hvorav ca. 75 m på berggrunn og resten på løsmasser.

Ved alternativ II, (se tegn. nr. -70) antar en at veibanen ligger ved påhuggsted på -6 m, og veibanen vil bli fundamentert på fjell helt til +3 m og mens grunnvannsnivået er ved ca. +4 m. Strekningen under grunnvannsnivå vil bli ca. 125 m hvorav ca. 110 m på fjell.

Ved alternativ III er forholdene de samme som ved alternativ I. Den nødvendige sikring mot grunnvannet enten ved tetting eller ved hjelp av pumping vil være vesentlig bedre i alternativ II, mens den blir omtrent lik i de to andre alternativene.

V-2. Tunneltracé på Vardøya

Tunneltracéen til alternativ I og II er ført i rett linje og deretter i en slak kurve mot Steilneset. Denne tracé er overdekket fra prof. nr. 460 til ca. prof. nr. 690 med fare for for liten fjelloverdekning. Langs kysten på sydlig Vardøya har man fjell i dagen, men flere steder ligger det like under 0 m koten. Hvis fjelloverflaten avtar innover mot land, noe som godt kan være tilfelle, risikerer man, at fjelloverdekningen over tunneltaket blir så liten, at dette kan medføre nedrasning (se tegn. nr. -66 og -67). I alternativ III har man derfor forsøkt å føre tracéen lengst mulig under den ca. 10 m høye fjellryggen langs Østervågen, og dermed oppnå større fjelloverdekning på den usikre strekning av tunnelen. I begge tilfelle bør man undersøke fjelloverflatens beliggenhet under overdekningen.

V-3. Tunneltraceén under vann

Tunneltracéen under sjøen er temmelig fastlåst på begge sider av sundet. Ved valg av tracé har man benyttet to om lag likeverdige tracéforslag: Alt. I som går syd for seismisk profil 1 og alternativ II og III som føres under sundet i en svak "S" form, og for det meste ligger i området mellom seismisk profil 1 og 2.

Med hensyn til lagdeling og de N-S-gående knusningsoner er begge tracévalg like gunstige, med unntagelse av tracéens vestlige del, hvor tunnelen er plassert i et område med forholdsvis mange knusningsoner. Dette var nødvendig p.g.a. det topografiske forhold på land og andre faktorer, som nødvendiggjør, at veien må føres videre på N-siden av Svartnes-halvøya.

Med hensyn til de Ø-V-gående sprekke- og knusningsoner i sundet vet man lite, fordi disse ikke kunne registreres med den benyttede seismiske metode. Ved valg av tracé har man derfor forsøkt å legge tunnelretningen slik, at de vil krysse eventuelle Ø-V-gående sprekker med størst mulig vinkel uten at en forlenger tunnelen alt for meget. De nordlige tracéer (alt. II og III) tilfredsstiller dette kravet best, idet tracéen bøyer av mot nord, og dermed får en ca. 30° vinkel med sprekkeretningene på en ca. 800 m lang tunnelstrekning. Alternativ I derimot, ligger tilnærmet parallelt med de Ø-V-gående sprekke og har dermed en større risiko for dårlig fjell i tunnelen. Når en slik tunneltracé allikevel er foreslått, begrunnes det med følgende:

1. De Ø-V-gående sprekke synes å være dominerende kun på vestsiden av Bussesundet, dvs. vest for den rette delen av tunnelen,
2. fjelloverdekningen er størst nettopp på den delen av tunnelen som går parallelt med de Ø-V-gående sprekke,
3. i samme område venter en å finne mer av den finkornige leirsteinen og siltsteinen, hvor de Ø-V-gående sprekke er mindre merkbare. Således blir virkningen av de parallelt løpende sprekke mindre, og samtidig får man størst fjelloverdekning over tunnelen, noe som igjen vil redusere mengden av vann, som kan sige ned langs eventuelle knusningsoner.

Den vestlige 400 m av tracéforslagene under vann ligger i et område med risiko for å møte flest knusningsoner, og synes å være den dårligste delen av hele tracéen. Alternativ I danner i denne strekningen 30° vinkel med hovedretningen til Ø-V-sprekke, mens alternativ II og III danner 20° vinkel med de samme sprekke. For å sammenligne de tre foreslåtte tracéalternativene er de viktigste data for tunnelen satt opp i tabell på side 23.

TABELL 1.

Sammenligning av tunnelalternativene under Bussesundet.

Lengde av seismiske tilleggsprofiler i sundet fordelt på antall profiler.		1620 10	920 8	920 8
Nødvendige tilleggsundersøkelser av tunnelstrekning på Vardøya i meter.		170	170	100
Skjæringsvinkel mellom tunnel og de Ø-V-gående svakhetsoner midt i sundet i ca. 800 m lang tunnelstrekning.		5	30	30
Skjæringsvinkel mellom tunnel og de Ø-V-gående svakhetsoner i den vestlige 400 m av tunnel under sjøen.		30	20	20
Antatt lengde av utstøpning i dagfjellsone fra tunnelportal på Vardøya.		35	35	20
Antatt lengde av utstøpning i dagfjellsone fra tunnelportal på Svartnes.		70	75	50
Antatt lengde av utstøpning i tunnelen (utstøpning ved påhugg ikke medregnet).		245	260	260
Fjelloverdekning mindre enn 20 m i tunnelen på Vardøya.		290	290	300
Fjelloverdekning mindre enn 20 m i tunnelen på Svartnes.		150	180	150
Lengde av overbygg på Vardøya.		60	60	80
På Svartnes.	Lengde av overbygg i veistrekning, hvor skjæringsdybden er større enn 6 m.	160	100	140
	Veilengde på fjell foran påhugg.	75	100	70
	Veilengde under grunnvannsnivå foran påhugg.	180	130	150
	Største skjæringsdybde i løsmasser i m.	12	4	10
	Kotenivå for grense mellom fast fjell og grus langs traceen utenfor påhugg.	-3	+3	-2
På Vardøy	Kurveradius i tunnel like etter påhugg.			250
	Kurveradius utenfor tunnelpåhugg.			225
På Svartnes	Kurveradius i tunnel like etter påhugg.	1000	150	220
	Kurveradius utenfor tunnelpåhugg.	200	150	220
Tunnel lengde.		2540	2660	2600
Tunneltrace alternativ.		I.	II.	III.

VI VIDERE UNDERSØKELSER

De hittil utførte undersøkelser viser, at det fremdeles gjenstår enkelte punkter, hvor forholdene rundt tunnel-tracéen er usikre. Det er følgende 3 steder, som ønskes undersøkt nærmere, før en kan bestemme den endelige tracé.

1. En overdekket 100-170 m lang strekning på Vardøya, hvor det er usikkert, om man har tilstrekkelig fjelloverdekning,
2. beliggenheten av fjelloverflate og løsmassenes beskaffenhet rundt påhugget på Svartnes,
3. finjustering av tunneltracéen med seismiske profiler i sundet.

VI-1. Undersøkelser på Vardøya

For å undersøke tunneltracéen på Vardøya trenger man enten seismiske målinger supplert med fjellkontrollboring; eller fjellkontrollboringer alene, men med et mer omfattende borprogram.

Ved seismiske undersøkelser ønskes målt et profil langs den foreslåtte tracé på det overdekkete parti. Kontrollboringene bør utføres ved de mest kritiske punktene i profilet med en tetthet som avhenger av dybden til fjell.

Ved bare fjellkontrollboringer er det tilstrekkelig å bore i 10 m avstand nærmest fjell i dagen langs senterlinjen. På den delen av tracéen hvor fjelloverflaten ligger nærmere enn 10 m til tunneltaket bores med en hullavstand som er ca. halvparten av fjelloverdekningen, men dog ikke mindre enn i 2 m avstand.

Boringene bør utføres for begge tracéforslag, men først for Alt. I og II og deretter for Alt. III hvis resultatene i den første tracéen er ikke tilfredsstillende.

VI-2. Undersøkelser på Svartnes

For å finne det best egnete påhuggsted bør en undersøke et større område ved mulige påhugg på Svartnes. Undersøkelsen kan utføres som på Vardøya enten ved seismikk kombinert med boring, eller kun med boring.

Ved en seismisk forundersøkelse foreslås målt 3 profiler med ca. 50 m avstand som vist på tegn. nr. -75. Deretter utføres fjellkontrollboringer langs den beste tracé i senterlinjen med 5-10 m hullavstand alt etter fjelloverflatens beliggenhet.

Hvis kun boringene utføres bør en bore etter et rutenett som er vist på tegn. nr. -74. Borplanen er lagt opp slik i terrenget at innmålingen kan utføres enklest mulig. Borpunktene er plassert i rette profiler i 10 m avstand og med 5 m avstand mellom borpunktene i profilet. Profilene er merket med bokstavsymbol og borhullene i hvert profil nummerert, hvorav det første og det siste nummer er avmerket på kartet.

For å redusere bormengden utføres boring i hvert tredje punkt i profilet. Hvis fjelloverflaten ligger i tilnærmet samme høyde mellom to slike huller fortsettes boringen på samme måte. Hvis forskjellen i dybden til fjell mellom to borhuller er større enn to meter bores de mellomliggende punkter i profilet også. Når fjelloverflaten i et borhull ligger lavere enn -2 m kote sløyfes boringen i de gjenstående punkter i profilet.

Under boringene er det ønskelig å bestemme grensen mellom løsmasser og berg så nøyaktig som mulig, ved å registrere borsynk og variasjon av denne. For å være sikker på at man har nådd fast berg må boringen fortsette 3 m etter at grensen er pasert. Borhullenes lengde vil derfor variere mellom 5-15 m. Videre er det ønskelig å måle løsmassenes permeabilitet ved å pumpe ut vann fra et av hullene og måle senkningen av grunnvannsnivå i de nærliggende borhull.

For utførelse av lufthammerboringer henvises til det vedlagte bilag 1C: Forskrifter for fjellundersøkelser ved lufthammerboring.

VI-3. Undersøkelser i sundet

Ved tidligere seismiske undersøkelser i sundet ble det brukt kabel med hydrofonavstand på 5 m.

Svakhetsoner som er smalere enn 5 m er derfor vanskelige å oppdage. Profilene var lagt opp slik, at det var lettest å bestemme de N-S-gående svakhetsoner i sundet, mens de Ø-V-gående soner var vanskelig å oppdage. Den største betydning for tunnelen er nettopp de Ø-V-gående svakhetsoner, som kan gå parallelt tunnelen i en lengre strekning og dermed forårsake dårlig fjell med vannlekkasjer, mens de N-S sprekkene må krysses uansett tracévalg. Det skulle derfor være ønskelig å utføre seismiske målinger vinkelrett tracéretningen med en kabel hvor hydrofonavstanden er tettere, f.eks. 2,5 m. Det kan nevnes at Geoteam A/S, som utførte målingene i 1977 har nå anskaffet en slik kabel.

For Alt. II og III har man antydnet på tegn. nr. -75 8 slike tverrprofiler med én kabellengde som muliggjør en mer differensiert kartlegning av ϕ -V sprekke til begge sider av den foreslåtte tracé.

For Alt. I som ligger syd for det undersøkte område, foruten de 8 tverrprofiler av samme type som nevnt foran, er også foreslått et langsgående profil, målt med samme kabel. Ved måling langs et slikt profil kan man benytte det samme innmålte fastpunktet på Vardøya som tidligere brukt for profil 1 sommeren 77. På den vestlige delen bøyes profilet av mot N i en ca. 300 m lengde, hvor en igjen kan benytte det tidligere innmålte punktet på profil 1.

Beliggenheten av de nye seismiske profilene er vist på tegn. nr. -75.

Resten av undersøkelsene er ønsket utført under driften ved hjelp av sonderboringer fra stuff og diskuteres under neste kapittel.

VII TUNNEL OG SIKRINGSARBEIDER

Ingeniør A.B. Berdal A/S har fått i oppgave å vurdere driftsmetoder med forinjisering og sonderboring foran stuff, vurdere enhetspriser og foreslå beredskap for vanninnbrudd, samt utføre en litteraturstudie av erfaringsmateriale fra andre undersjøiske tunneler i Norge og i utlandet. I rapporten konkluderte Berdal med at tunneldriften under sjøen bør utføres med systematisk sonderboring og med systematisk forinjeksjon. Injeksjonsarbeidet må utføres fra stuffen, mens kjerneboringene er foreslått utført fra nisjer som er anlagt i ca. 175 m avstand langs tunnelen. En er enig i konklusjonen i Berdal's rapport med untagelse av enkelte punkter som en vil drøfte nedenfor.

VII-1. Forskjæring og påhugg

På Vardøya ligger fjell i dagen både langs forskjæringen og langs de to tunneltracéer i ca. 60 henholdsvis 200 m lengde. Forskjæringen blir forholdsvis kort; men skjæringsveggen på vestsiden må sannsynligvis sikres med bolter pga. lagflatenes uheldige helning inn mot veibanen. Den delen av veien som blir liggende dypt under fjellskjæringen må sannsynligvis sikres mot

fonndannelse med et ca. 60 m lang snøoverbygg. På denne strekningen sprenges skjæringen med vertikale vegger, mens utenfor overbygget bør skjæringen utvides og veggene sprenges med vinkel 1:1. Erfaringer viser at ved påhuggsted må en ha minst 6 m fjelloverdekning i tunnelen.

På Svartnes er forholdene vanskeligere og samtidig mer usikre.

Påhuggstedene er overdekket og ved tunnelåpning vil fjelloverflaten ligge under grunnvannsnivå. Siden veien faller inn mot tunnelåpning og tunnelen må drives på fall vil grunnvannet dreneres fra et stort område inn mot veien og tunnelen. Samtidig er det fare for at veiskjæringen blåses full av snø, som veien bør sikres mot. Dette innebærer at veiskjæringen bør utformes med en slak helning og samtidig sikres med snøskjermer.

Forslag til utforming av veiskjæring er vist på tegn.nr. -76.

I følge tegningen vil en ca. 6 m dyp skjæring være 30-35 m bred mot vindretningen dvs. mot vest og ca. 12 m mot øst. Dette medfører at ved dype skjæringer må uforholdsmessig store masser forflyttes og et stort areal vil bli berørt av veibygningen.

For å unngå en så bred veiskjæring og for å redusere masse-transporten foreslås, at veistrekningen hvor planum ligger dypere enn 5-6 m sikres med snøoverbygg foran påhugg. Der hvor veien ligger under fjellskjæring bør det bygges overbygg.

En antar at grunnvannet ut mot høsten ligger ca. +5 m ved påhugget, mens det lengre mot nord langs veien vil avta til ca. +4 m. Følgelig vil grunnvannet komme fram langs de dype og brede skjæringsveggene i løsmasser og renne ned mot tunnelen. For å redusere grunnvannstilsiget må det støpes fuktisolerende murer. I strekningen hvor veien sikres mot fonndannelse med overbygg bør veggene støpes med membranisolert utstøpning, mens sålen, særlig i berg, fortrinnsvis forsøkes tettet med injisering.

Tracéretningen ved begge påhuggsområde danner en liten vinkel med bergartenes strøkretning, hvor det lett kan oppstå uforutsett dårlig berg i hvelvet med lekkasjer. Begge tunnelportaler må derfor sikres med membranisolert utstøpning. Lengden av utstøpning innover tunnelen vil være avhengig av vannmengden i tunnelen, og vil være vesentlig større så lenge tunnelen drives i dagfjellsonen. På Svartnes vil dette sannsynligvis variere fra 70 til 180 m.

På Vardøya får man en vesentlig lengre tunnelstrekning etter påhugg med fjelloverdekning mindre enn 20 m og samtidig vil tunnelen også drives i sandsten, som etter alt å dømme gir større risiko for vannlekkasjer. Lengden av sikring med membranisolert utstøpning ved østlig påhugg vil variere fra ca. 20 m til ca. 290 m.

VII-2. Tunneldrift

Det er alltid vanskelig å forutsi den mest hensiktsmessige driftsmetode i en tunnel. Den er avhengig av flere faktorer som bergartstype, oppsprekningsgrad, sprekkekarakter og retning som kan forandre seg i tunnel og til slutt måten tunneldriften utføres.

En av de viktigste arbeidsoperasjoner ved tunneldriften er nøyaktig boring og riktig dimensjonering av sprengstoffmengden. Nøyaktig boring er avhengig av boreren og er således et erfarings- og innstillings spørsmål fra arbeidernes side. Erfaringer fra tidligere tunneldrift har vist at dette ofte ikke er fulgt. Nøyaktig boring krever mer tid og ekstra arbeidsinnsats som beklageligvis ofte ikke honoreres tilstrekkelig. For byggherren medfører dette noe besparelse ved driften, men øker utgiftene til sikring. Det er derfor viktig at man allerede fra starten av kommer til en klar og entydig avtale på dette punkt.

For å komme fram til riktig sprengningsplan bør en kjenne sprengbarheten i bergarten og måten bergarten oppfører seg på under sprengning. Ved utsprengning av veiskjæringen frem til tunnelportal kan en innhente de nødvendige opplysninger dels ved å måle rystelsene i berget ved forskjellige ladningsmengder og ved å studere sprengningsresultatene i berget.

Grovt sett kan bergartene i tunnelendeles inn i 4 grupper med hensyn til driften.

1. Leirsteiner med liten til moderat oppsprekning med sprekketetthet opp til ca. 15 sprekker/m.
2. Sandsten med liten eller moderat oppsprekning med sprekketetthet til ca. 10 sprekker/m.
3. Leirstein med sterk oppsprekning med sprekketetthet større enn 15 sprekker/m.
4. Sandsten med sterk oppsprekning med sprekketetthet over 10 sprekker/m og
5. Sprekke- og knusningsoner.

I de to første grupper regner en med at tunnelen kan sprenges med 3,5 - 4 m lange salvelengder. Sikringsarbeidene vil begrense seg til rensk og spredt bolting bak stuff med gjennomsnittlig ca. 1 bolt/m. En må regne med, at enkelte steder må berget tettes med injisering for å redusere vannmengden. Mest injeksjon forventes i berg fra gruppe to.

I gruppe 3 og 4 vil salvelengden være den samme, men sprengningen må utføres forsiktig. Sikring med spredte bolter på stuff og eventuelt bånd eller nett enkelte steder. Antall boltemengde anslås til ca. 4-5 bolter/m. Istedenfor bånd eller nett kan sprøytebetong anvendes, men senere må støpes ut for permanent sikring.

En regner med at berget overalt må tettes med forinjisering, som også vil bidra til å øke stabiliteten i hvelvet.

I gruppe 5 med knusningsoner bør sprengningen utføres forsiktig med reduserte salvelengder. Arbeidsikring på slike steder bør vurderes i hvert tilfelle. De aktuelle sikringsmetoder, som kan komme på tale er, systematisk bolting kombinert med bånd og nett, sprøytebetong og støping på stuff.

For å øke sikkerheten i tunnelen mot ras og større vanninnbrudd, som eventuelt ikke kan sikres med de forannevnte metoder, bør en holde utstyr for frysestabilisering i beredskap. Risikoen, for at et slikt ekstremt dårlig fjellparti vil bli påtruffet i tunnelen, er størst ved knusningsonen med seismisk lavhastighet på 2500 m/s. Sonderboring i god tid i forveien vil gi indikasjon om frysestabilisering blir nødvendig, derfor er det tilstrekkelig å undersøke muligheten for å skaffe en slikt utstyr med kort varsel.

En regner med at lengden av knusningsoner hvor en venter berg av gruppe 5 om lag vil tilsvare lengden av de seismiske lavhastighetssonene i tunnelen med hastigheter under 4000 m/s. Dette representerer sikkert en maksimumgrense. På den annen side kan en regne med å finne korte knusningsoner, som ikke er registrert med seismikk og som vil kreve en tilsvarende driftsopplegg og sikring som beskrevet foran.

Tunnelstrekning med fjellkvalitet fra gruppe 5 vil kreve membranisolert utstøpning som permanent sikring. Lengden av slik utstøpning regnes å ligge mellom 240-300 m.

VII-3. Sonderboring fra stuff

Det er planlagt at de siste undersøkelser av tunnelen vil bli utført fra stuffen med sonderboring. I Berdal's rapport er anbefalt systematisk kjerneboring fra tunnelen under sjøen med 200 m lange borhull. Det er også nevnt sonderboring med flere ca. 35 m lange borhull.

VII-3-1. Kjerneboring

Under sjøen er det planlagt sonderboring med kjerneborhull på 200 m lengde utført fra nisjer, for at tunneldriften skal kunne fortsettes uhindret. Nisjene sprenges i 175 m avstand, alternerende på begge sider av tunnelen. Ved en slik kjerneboring, regner en med, at boringen til en hver tid vil ligge minst ca. 20 m foran stuffen. Boringen vil imidlertid bli hindret av forinjeksjon. For å få lengst mulig sammenhengende borkjerner, også i dårlig berg, vil fremdriften bli sinket av hyppige, korte kjerneopptak. Dette gjør, at ved dårlig berg kan avstanden mellom tunnelstuff og bunnen av borhull være mindre enn 20 m.

Fordelen med kjerneboringer er ^{at} man kan bedre vurdere berget ved en visuell inspeksjon av borkjerner.

Ulempene ved kjerneboring:

1. Det er vanskelig å bestemme beliggenheten og retningen av svakhetsoner i rommet, når disse er krysset i bare ett pkt.
2. Svakhetsoner, parallelt med tunneltracéen, blir sent eller aldri oppdaget i bare ett hull.
3. Sonderboring i kurver vil medføre, at borhullet kan bli liggende for langt unna tracéen.
4. Forinjisering vil hindre boringen.
5. Risikoen for boravvik ved lange hull er større enn ved korte hull og avviket kan bli så stort at betydningen for bedømmelsen av berg innerst i hullet kan bli liten.
6. Ved et 200 m langt borhull vil en flere steder bore gjennom berg i opp til 50-150 m lengde, hvor sonderboring ikke er nødvendig.

VII-3-2. Hammerboring

Sonderboringen foreslås med minst 3 stk. og 30-40 m lange hammerboringer. Boringene kan utføres i løpet av et skift og er lett å kombinere med forinjeksjon.

Under boringen bør en registrere borsynken kontinuerlig, eller måle tiden til borsynk i halvmeters seksjoner. Ved siden av borsynk bør en ta prøver av spylevannet med halvmeters mellomrom, eller noe moddifisert, alt etter fjellkvaliteten. I prøvene bør en undersøke fordeling av bergartsfragmenter og tilstedeværelsen av enkelte sprekkemineraler som kvarts, kalkspat. Deretter bør vanntapsmåling utføres i alle tre borhull.

En samlet vurdering av de enkeltresultater, man får fra boringene, vil kunne gi en nesten like god vurdering av fjellkvalitet og bergartstyper som tilfelle er med kjerneboring. Bløte mineraler som kloritt og leire vil ikke kunne registreres, men der er også fare for, at slike mineraler vil kunne bli vasket ut fra sprekke i borkjerner.

Fordelen med hammerboring fremfor kjerneboring er, at en lettere vil kunne bedømme beliggenheten og retningene av knusningsoner foran stoff. Arbeidet kan utføres vesentlig raskere, og samtidig får man bedre tid til å forberede eventuelle vanskeligheter foran stoffen. Undersøkelser med korte hammerboringer kan utføres mer fleksibelt enn de lange kjerneboringer. Tunnelstrekningen med forventet godt fjell kan drives uten sonderboring, og tunneldriften kan foregå uhindret, og dermed verdifull tid og penger innvinnes. Erfaringene fra de første fjellarbeidene vil vise i hvilken grad, man kan regne med, at de geologiske antagelser er riktige og avpasse mengden av sonderboring deretter. Til slutt, i motsetning til de lange kjerneboringer kan de korte sonderboringer lettere holdes i tracéretningen, der hvor tunnelen er planlagt i kurve.

I strekninger, hvor en ikke har utført sonderboring i tunnelen, bør berget undersøkes med tre eller flere 10-12 m lange borhull for å tette eventuelle vannlekkasjer.

Ulempen ved den skisserte hammerboring er, at det forutsetter, at en erfaren geolog stadig er på stedet.

VII-4. Varnsikring

Siden tunnelen drives på synk, vil all vann samles opp på stuffen. Det er derfor viktig, at man reduserer vannlekkasjen til et minimum. Under driften må en derfor stadig pumpe opp vann fra stuffen, noe som selvfølgelig vil sjenere de øvrige tunnelarbeider. For å redusere virkningen av dette foreslås, at tunnelen drives fra Vardøya ned til ca. profil lengd. 1200, eller så langt at en får tilstrekkelig steinmateriale til oppfylling av Østervågen langs veitracéen. Resten av tunnelen bør drives fra Svartnes. På denne måten kan en drive tunnelen, østenfor lavbrekket ved ca. profil lengd. 2000, uten å pumpe vann fra stuffen.

Det er to måter en kan sikre seg mot vann i en undersjøisk tunnel som drives på synk:

1. Hindre vannet i å sige ned i tunnelen.
2. Pumping av vann som ikke kan hindres i å komme ned i tunnelen.

Den første sikring krever et forholdsvis stort beløp, men til gjengjeld er det en engangsutgift. Den andre metode koster mindre, men utgiftene er en årlig tilbakevendende post på budsjettet. Utføringen av vannsikring i tunnelen må derfor sees på denne bakgrunn.

VII-4-1. Pumping

Største vannlekkasjer vil en få i tunnelen på land, i området der tunnelen går i dagfjell. Samtidig vil en få vannsig gjennom tunnelåpningen fra grunnvannet, og av regnvann som renner ned langs veibanen. Ved etablering av 1 pumpestasjon i tunnelen må hele vannmengden pumpes opp fra ca. 90 m's nivå. Ved etablering av tre pumpestasjoner, hvorav to er plassert ca. 150 - 200 m innenfor tunnelpåhugg, er det mulig å pumpe mesteparten av vannmengden ut av tunnelen fra -20 til -25 m's nivå. Resten av vannet må pumpes opp fra den 3.-dje pumpestasjon, ved lavbrekket i tunnelen, slik som nevnt i Berdal's rapport.

Vannet fra lavbrekket pumpes opp til den nærmest liggende øvre stasjon på Svartnes, hvorfra det pumpes videre til overflaten.

Bestemmelse av pumpekapasitet bør utsettes, til tunnelen er ferdigsprengt.

VII-4-2. Forinjeksjon

Ved forinjeksjon bør en ta sikte på å tette tunnelen slik, at vanntapet målt i borhull etter injisering blir mindre enn 0,5 Lugeon. Der hvor dette ikke lar seg gjennomføre, bør tunnelen støpes ut med membran-isolert utstøpning, for å minske den totale vannmengden i tunnelen. På den måten regner en med at vannmengden i tunnelen kan reduseres til ca. 300-400 l/min. Erfaringer fra andre undersjøiske tunneler tyder på at den er en rimelig antagelse.

For å få den ønskete tetthet i tunnelen må forinjeksjonen utføres i hele tunnelen der hvor vannlekkasjene er større enn 1 Lugeon. Metoden for forinjisering er beskrevet i Berdal's rapport. Hvilken av de to beskrevne injiseringsmetoder, den korte eller den lange, som vil bli benyttet i tunnelen - vet man ikke. Det må avgjøres under driften, etter at en har forsøkt seg frem til den beste løsning.

Injisering medfører et forholdsvis langt stopp i tunnel-driften, derfor bør en komme frem til en smidig driftsmetode, så tunneldriften kan foregå mest mulig uhindret. Man kunne derfor tenke seg å benytte injisering med cement i ca. 35 m lange borhull i tilknytning til weekendene. Eventuelle tilleggsinjeksjoner utføres deretter i korte ca. 10-12 m lange hull med hurtig herdnede masser.

VII-4-3. Platetak

Hvor etter injisering fremdeles foregår drypp fra tunneltaket i ellers stabilt berg, bør tunnelen sikres med frostisolert platetak. Lengden av platetak kan ikke forutsies før en har avsluttet injiseringen. Grovt regnet anslås platetaket å få lengde mellom 300-600 m hvorav den lengste strekning sannsynligvis blir liggende i dagfjellsonen.

VIII KONKLUSJON

Undersøkelsen gir grunnlag til å anta at tunnelen vil krysse gjennom grå/rød sandsteinslag og grå leirsteins-/finkornig siltsteinslag i mengdeforhold om lag 40:60.

Videre er det mulighet for å påtreffe 4-7 NØ-SV-gående diabasganger i tunnelen. Sedimentbergartene har en N-S-lig strøketretning med steilt fall på vestsiden og med et ca. opp til 50° østlig fall på østsiden. Lagene er foldet i en stor antiklinatstruktur, således at strøketretningen i berget vil gi en gunstigst mulig vinkel i forhold til tunnelretningen med unntagelse av påhuggstedene. Det er mulighet for å påtreffe 6-7 knusningsoner i 5-20 m bredde, hvor fjellkvaliteten kan være så sårlig, at det kan bli nødvendig å sikre tunnelen med støping på stuff. Beliggenheten av de Ø-V-gående svakhetsoner i forhold til tunneltracé vet man lite om på det nåværende tidspunkt.

For å redusere vannmengden og for å øke sikkerheten mot eventuell vanninnbrudd er det i rapporten foreslått at minste fjelloverdekning under sjøen blir 30 m. Tunnel-driften bør utføres med pen og forsiktig sprengning og med systematisk forinjisering av fjellet, der hvor vannlekkasjene er større enn 0,5 Lugeon i prøvehullene. For ytterligere å øke sikkerheten i tunnelen foreslås, at det utføres sonderboring fra stuffen enten med systematisk boring med 200 m lange kjerneboringer eller med korte 35 - 40 m lange hammerboringer på de steder, hvor en forventer dårlig og usikker berg foran stuffen. En regner med, at tunnelen må støpes ut med membran-isolert utstøpning i ca. 300 - 500 m lengde alt etter fjellkvaliteten etter sprengning. Lengden av platetak, som må være frostisolert, er vanskelig å anslå, men en kan sannsynligvis regne med, at den vil variere mellom 300 - 600 m. For pumping av vann fra tunnelen foreslås fra tre pumpestasjoner: to ca. 150 - 200 m innenfor begge påhugg og en i lavbrekket i tunnelen. For å sikre tunnelportalen og veien mot fonndannelse foreslås, at veistrekningen der hvor den ligger under skjæring i fjell eller i løsmasser med skjæringshøyde større enn 5-6 m, sikres med et lett overbygg.

For å skaffe et bedre kjennskap til de Ø-V-gående knusningsoner i sundet foreslås at det utføres seismiske tilleggsmålinger langs de foreslåtte tunneltracéer med en hydroforavstand på 2,5 m. På land må påhuggstedene ved Svartnes undersøkes for å skaffe bedre kjennskap til fjelloverflatens beliggenhet og for å måle løsmassenes permeabilitet. På Vardøya må en undersøke fjelloverflatens beliggenhet i en ca. 100 - 170 m's overdekket tunnelstrekning.

I rapporten er det lagt frem tre tracéforslag med tunnel-lengde som varierer mellom 2540 og 2660 m.

Valg av tunneltracé bør utsettes inntil de foreslåtte undersøkelser er utført.

Veglaboratoriet
Oslo, 14. april 1978

Geologisk seksjon

A. Grønhaug
A. Grønhaug

E. Gyørry
E. Gyørry

BORHULLENES KOORDINATER I SUNDET.

<u>Borhull nr.</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
1.	1378907,77	75761,34
2.	1378910,04	75767,80
3.	1378907,19	75759,68
4.	1378911,41	75761,55
5.	1378905,86	75757,78
6.	1378911,68	75770,06
7.	1378912,82	75777,71
8.	1378916,03	75773,42
9.	1378913,53	75768,37
10.	1378911,87	75766,78
11.	1378910,11	75758,86
12.	1378909,03	75756,13
13.	1378908,14	75753,15
14.	1378909,11	75752,63
15.	1378906,66	75748,33
16.	1378904,72	75752,64
17.	1378909,44	75763,54
18.	1378964,07	75913,36
19.	1378959,85	75914,61
20.	1378963,29	75918,67
21.	1378964,03	75920,89
22.	1378965,57	75925,96
23.	1378980,74	75969,18
24.	1379170,09	76508,51
25.	1379160,12	76480,10
26.	1379158,13	76474,44
27.	1379162,29	76486,28
28.	1379177,82	76530,53
29.	1379184,39	76549,25
30.	1379187,34	76557,65

BILAG 2.

<u>Borhull nr.</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
31.	1379190,61	76566,95
32.	1379341,43	76462,08
33.	1379170,21	75942,16
34.	1379090,39	75700,60
35.	1379089,48	75695,97
36.	1379087,77	75690,80

Koordinatliste av fastmerkene på land innmålt av
Geoteam A/S.

Pr. 1 Ø.	1379322,38	76942,28
Pr. 1 V.	1378733,95	75266,24
Pr. 2 Ø.	1379448,59	76784,71
Pr. 2 V.	1378942,93	75254,30
Pr. 3 Ø.	1379625,36	76787,37
5.	1379566,83	75061,59
6.	1378445,45	75287,03
7.	1378262,93	75178,18
8.	1378387,86	75285,61
9.	1379652,20	76787,38
TP. Engelsvikodden	1380906,20	76070,73
TP 28. (NGO)	1379082,98	75224,58



N U S T H A N

Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

GEOLOGISK OVERSIKTS
KART

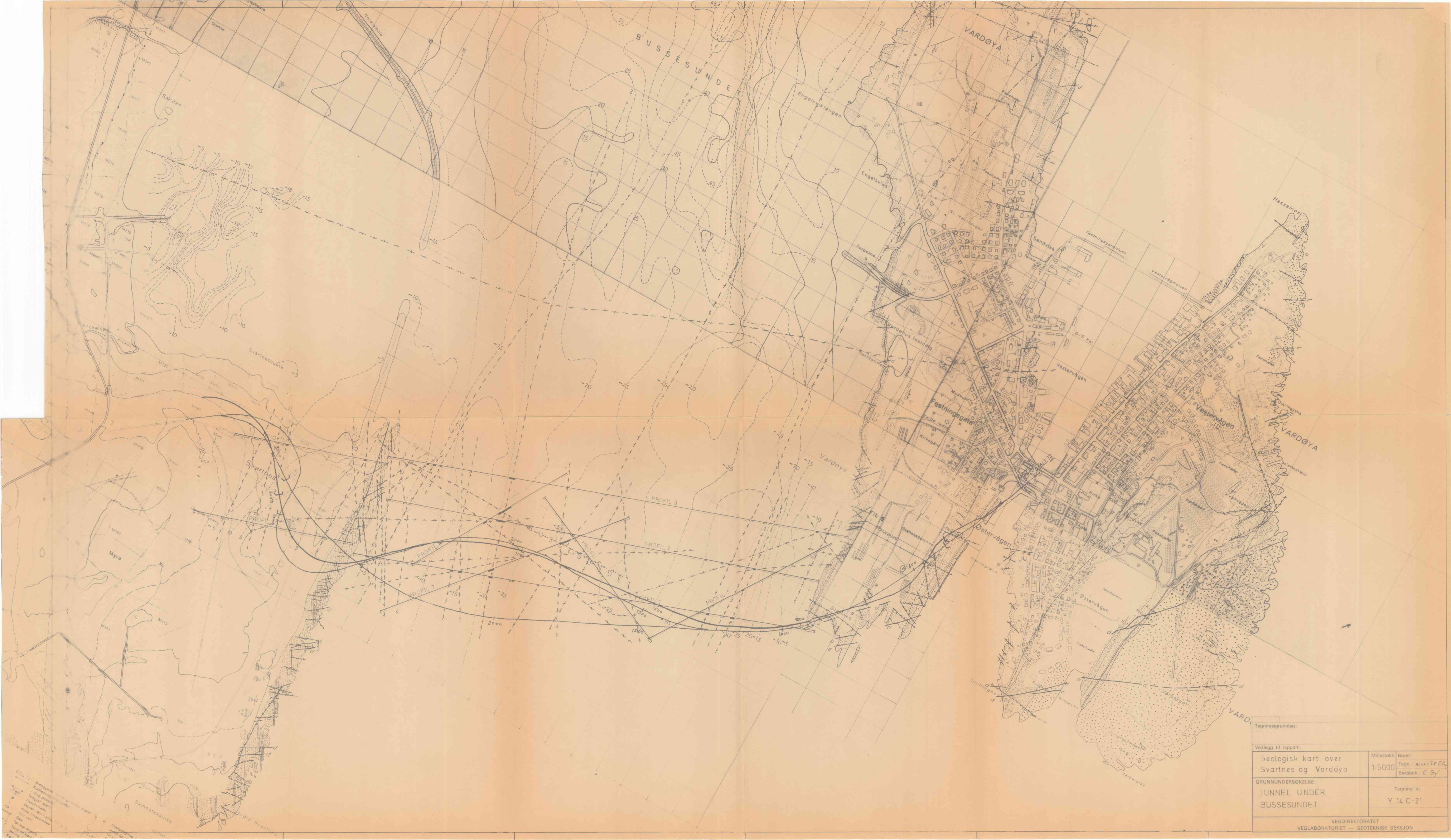
Målestokk
1:25000

Boret:
Tegn. mars 78
Sakabeh. e.györy

GRUNNUNDERSØKELSE:
TUNNEL UNDER
BUSSESUNDET

Tegning nr.
Y 14 C-20

VEGDIREKTORATET
VEGLABORATORIET — GEOTEKNISK SEKSJON



Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

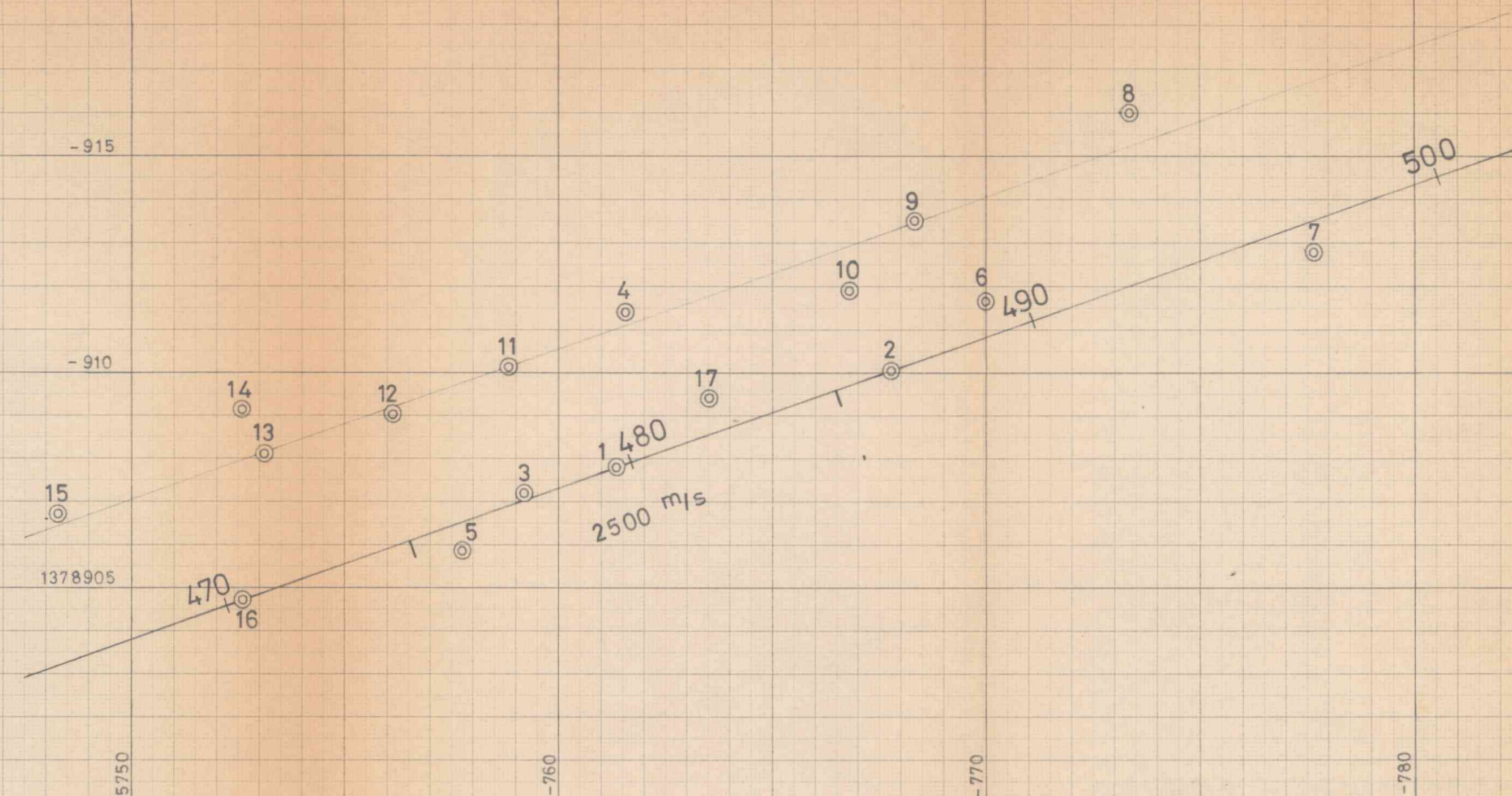
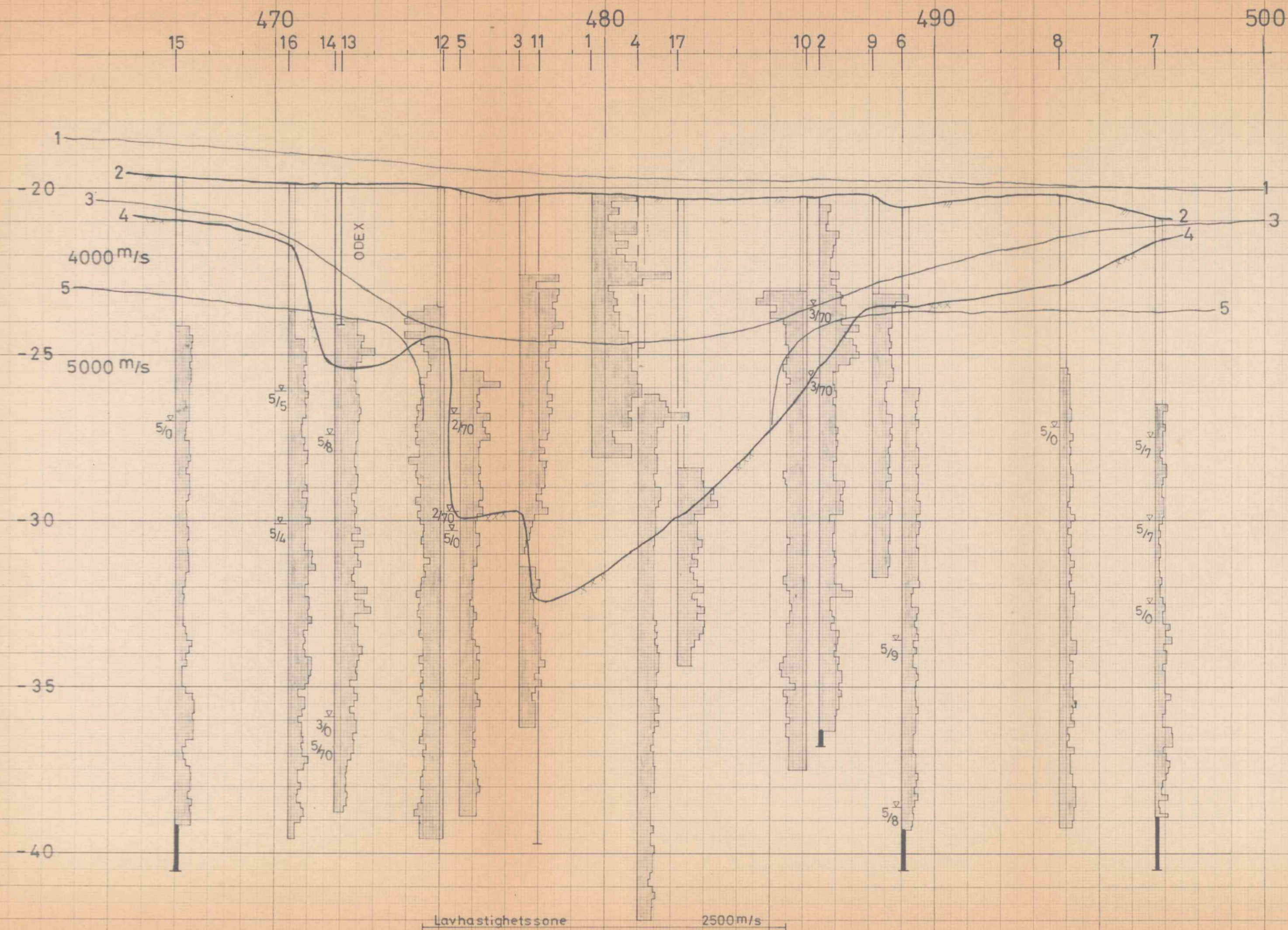
Geologisk kart over
Svartnes og Vardøya

GRUNNUNDERSØKELSE:
TUNNEL UNDER
BUSSEUNDET

Målestokk: 1:5000
Boret: Tegn.: *mar/H.F.E.G.*
Saksbeh.: *E.G.*

Tegning nr.
Y 14 C-21

VEGDIREKTORATET
VEGLABORATORIET — GEOTEKNISK SEKSJON



Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

GRUNNUNDERSØKELSE: TUNNEL UNDER BUSSESUNDET	PROFIL OG OVERSIKT 1 470 - 500m hull 1-17	Målestokk 1:100	Boret: Tegn.: Drs. 77 56/Art. Saksbeh.: E 6
	Tegning nr. Y 14C-23		
VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET			

- Kj : Kjerneboring.
Skravert sone viser borsynk
i cm/min. 1mm tilsvarer
20 cm/min.
Vanntapsmåling 5/10 =
5 atm trykk/10 liter / min. vanntap

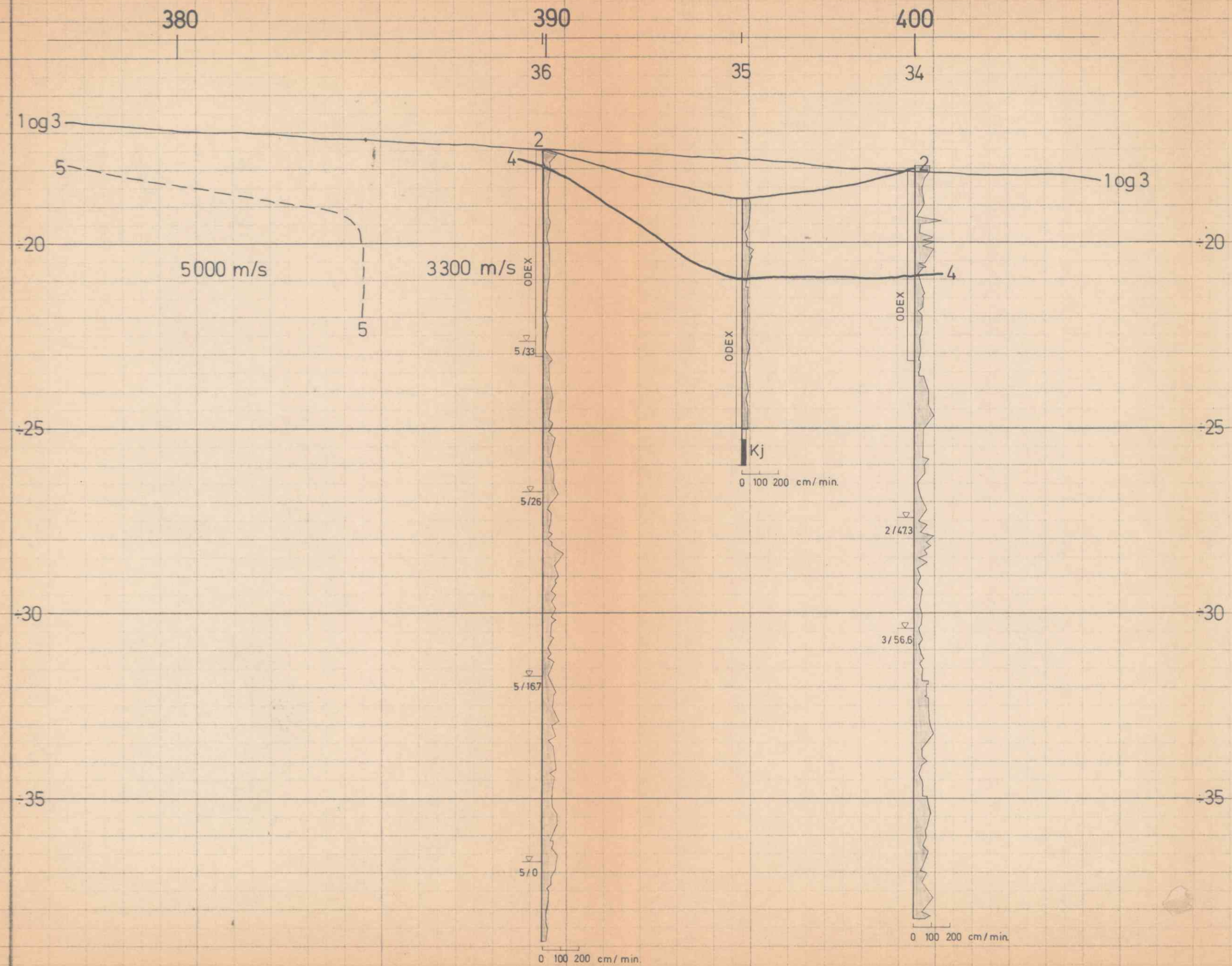
Tallene i profilet
ref. til Geoteams målinger.

Vedlegg til rapport:

Målestokk	Boret:
1:100	Tegn.: Des. 77 EG/AML
	Saksbeh.: EG

Tegning nr.
Y 14C - 24

VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET



- 1 Sjöbunn bestemt med seismikk
- 2 " " boring
- 3 Fjelloverflate bestemt med seismikk
- 4 " " boring
- 5 Grense mellom fjell med forskjellige seismiske hastigheter

Kj : Kjerneboring
 Skravert sone viser borsynk
 i cm / min. 1 mm tilsvarer
 20 cm / min.
 Vanntapsmåling: 5 / 10 =
 5 atm. trykk / 10 liter / min. vanntap

Tallene i profilet ref. til Geoteams målinger.

Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

PROFIL OG OVERSIKT
 377-450m hull 34-35-36

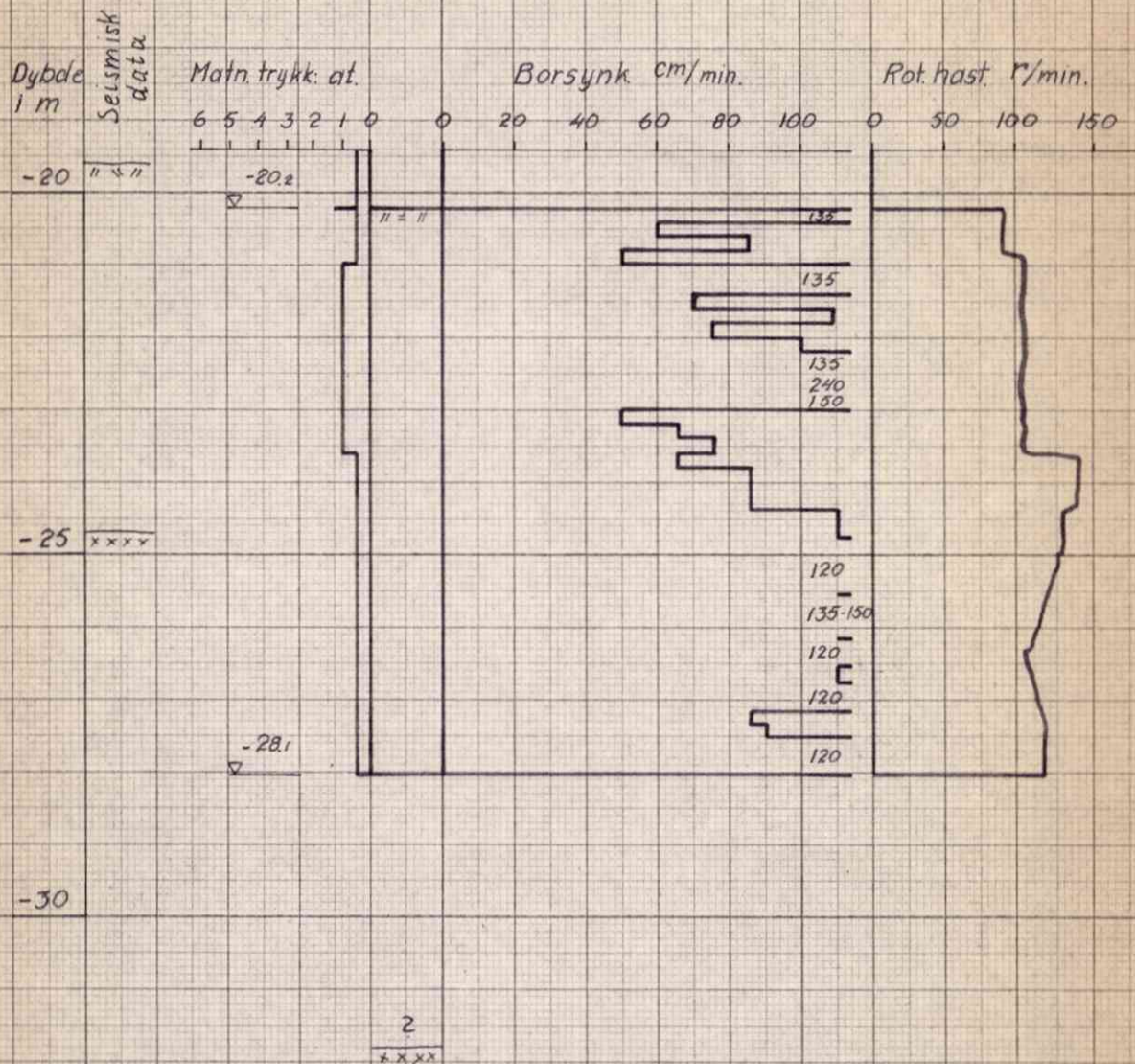
Målestokk Boret:
 1:100 Tegn.: Jan 78 JS
 Saksbeh.: E. G.

GRUNNUNDERSØKELSE

TUNNEL UNDER
 BUSSESUNDET

Tegning nr.
 Y 14 C - 25

VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET



SONDERBORING HULL 1

TUNNEL UNDER BUSSESUNDET

Målestokk

HM

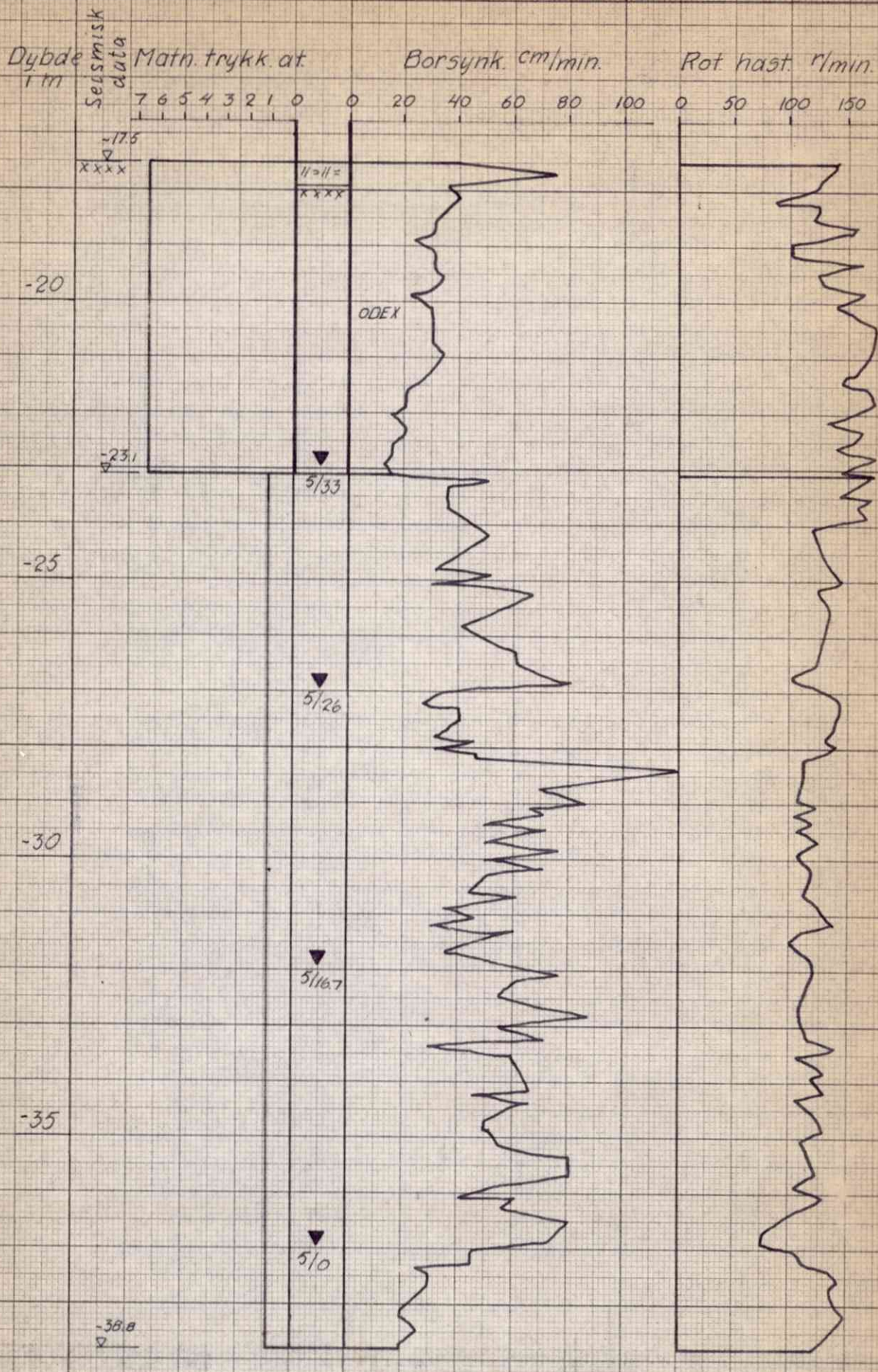
1:100

Tegning nr.

Y 14C - 26

Dato/Sign.: Nov. 77 AN/AML

VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET



SONDERBORING HULL 36

TUNNEL UNDER BUSSESUNDET

Målestokk

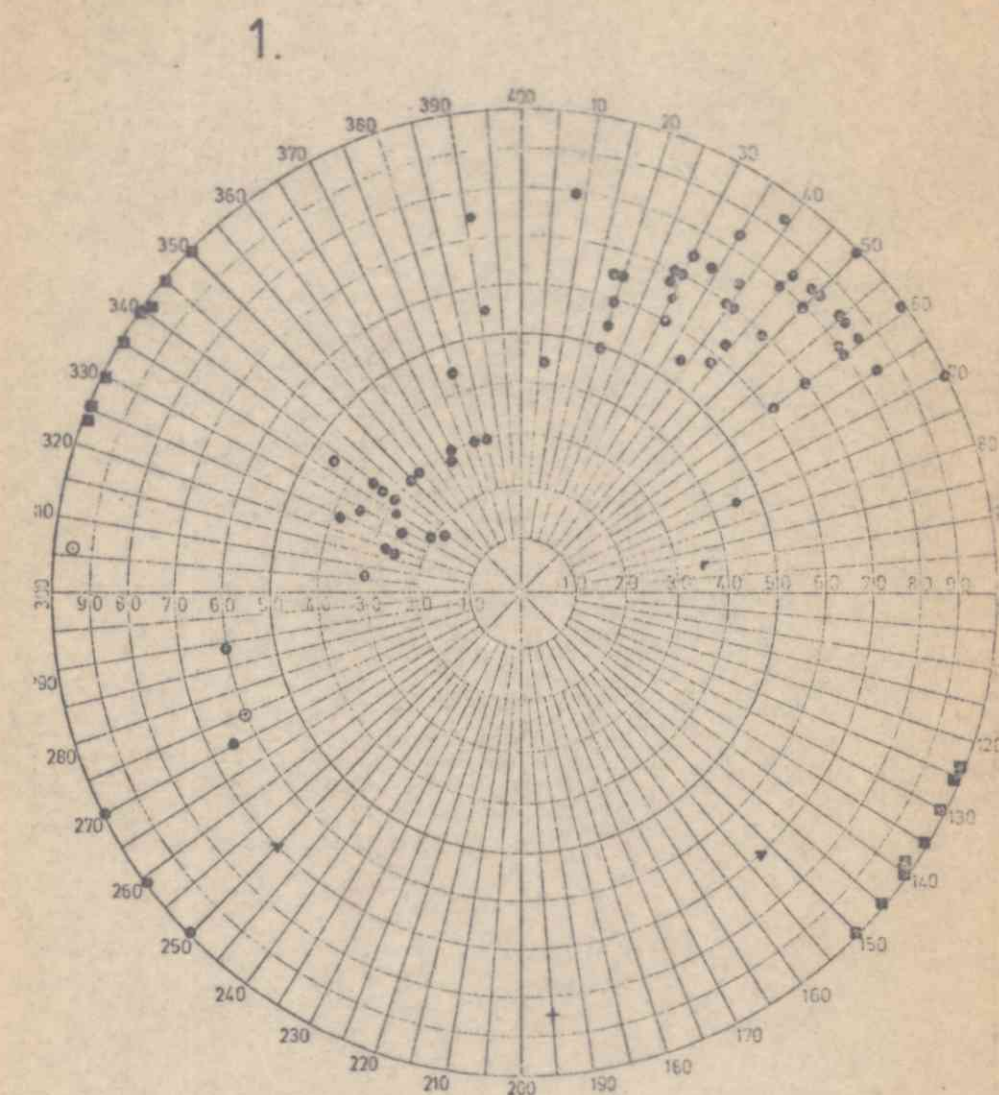
1:100

Tegning nr.

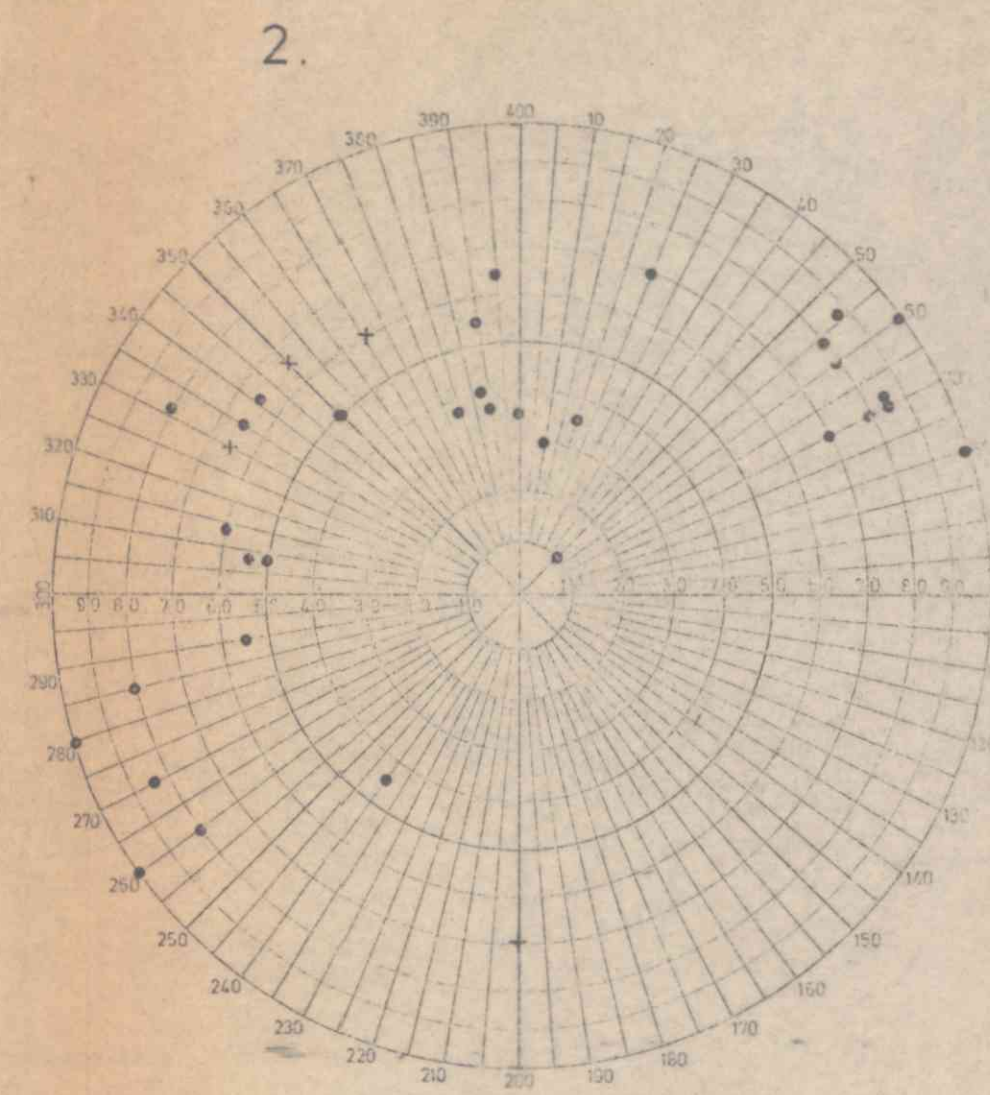
Y 14 C - 61

Dato/Sign.: Des. 77 AN/AML

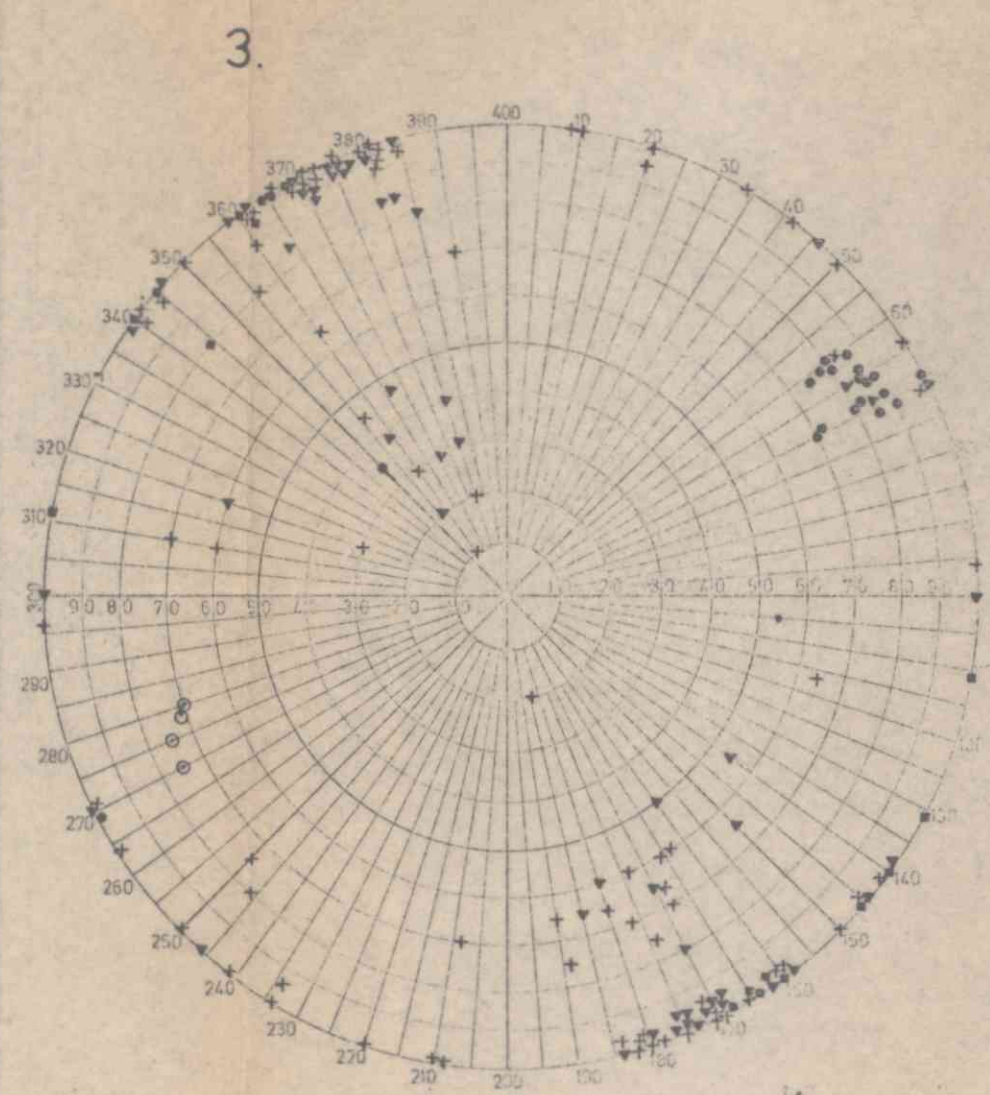
VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET



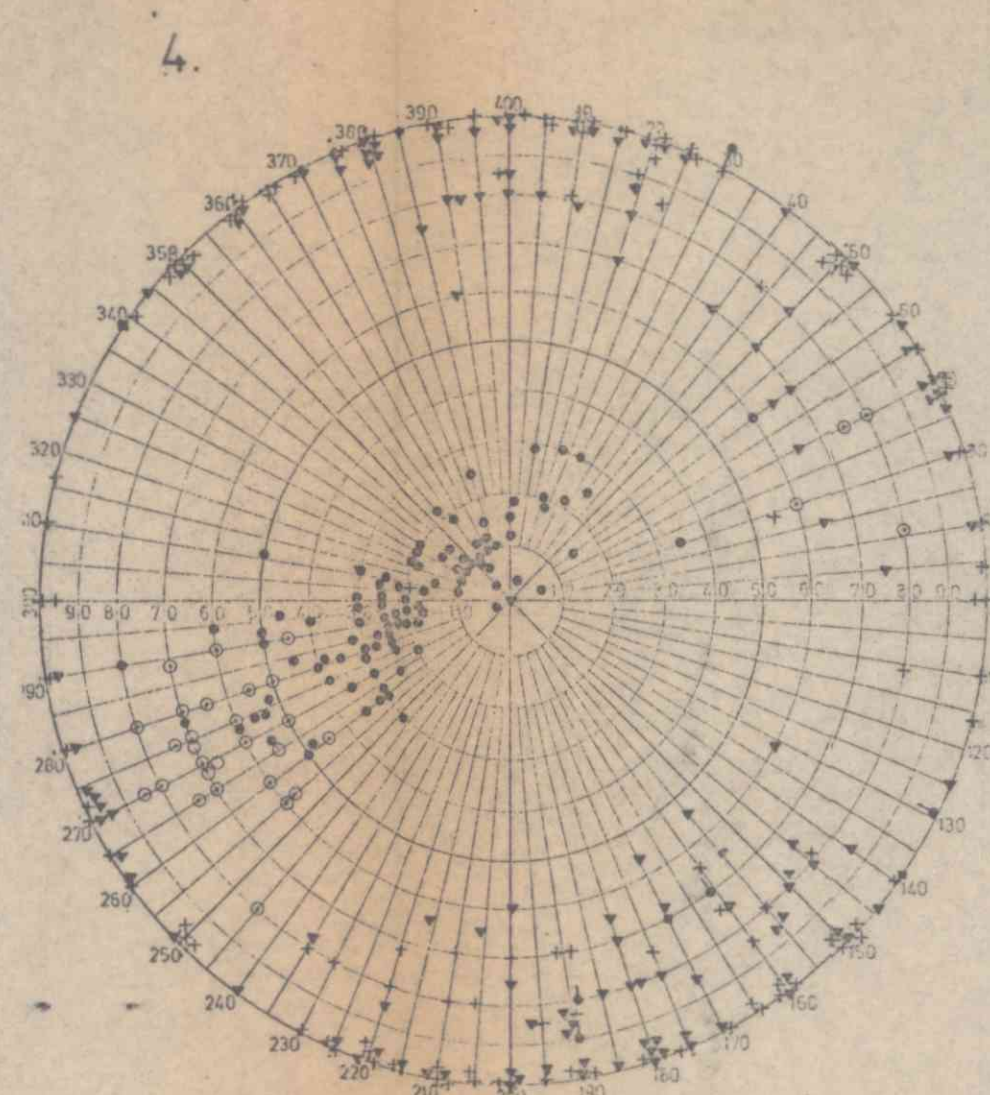
Smelror, NV-lige del på fastlandet.



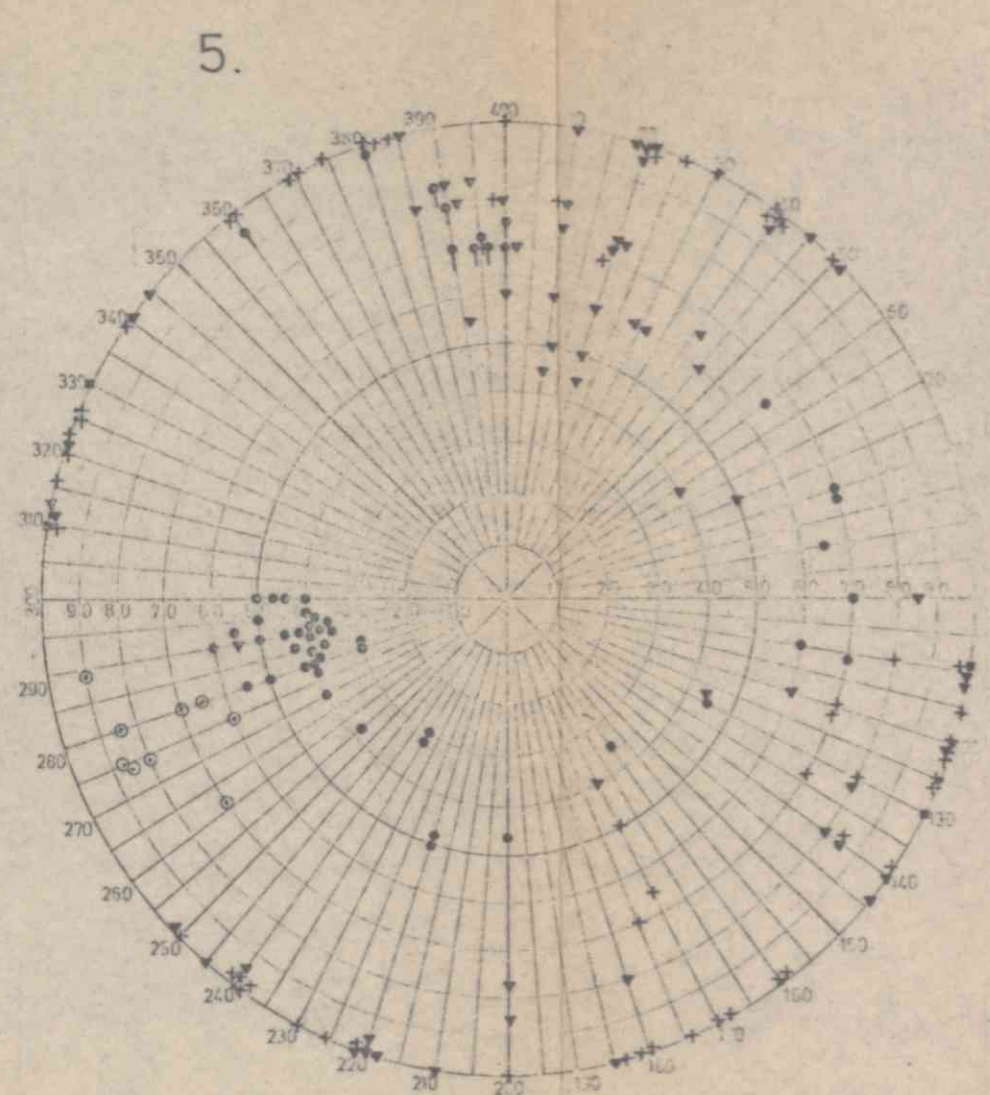
Domen, SV-lige del på fastlandet.



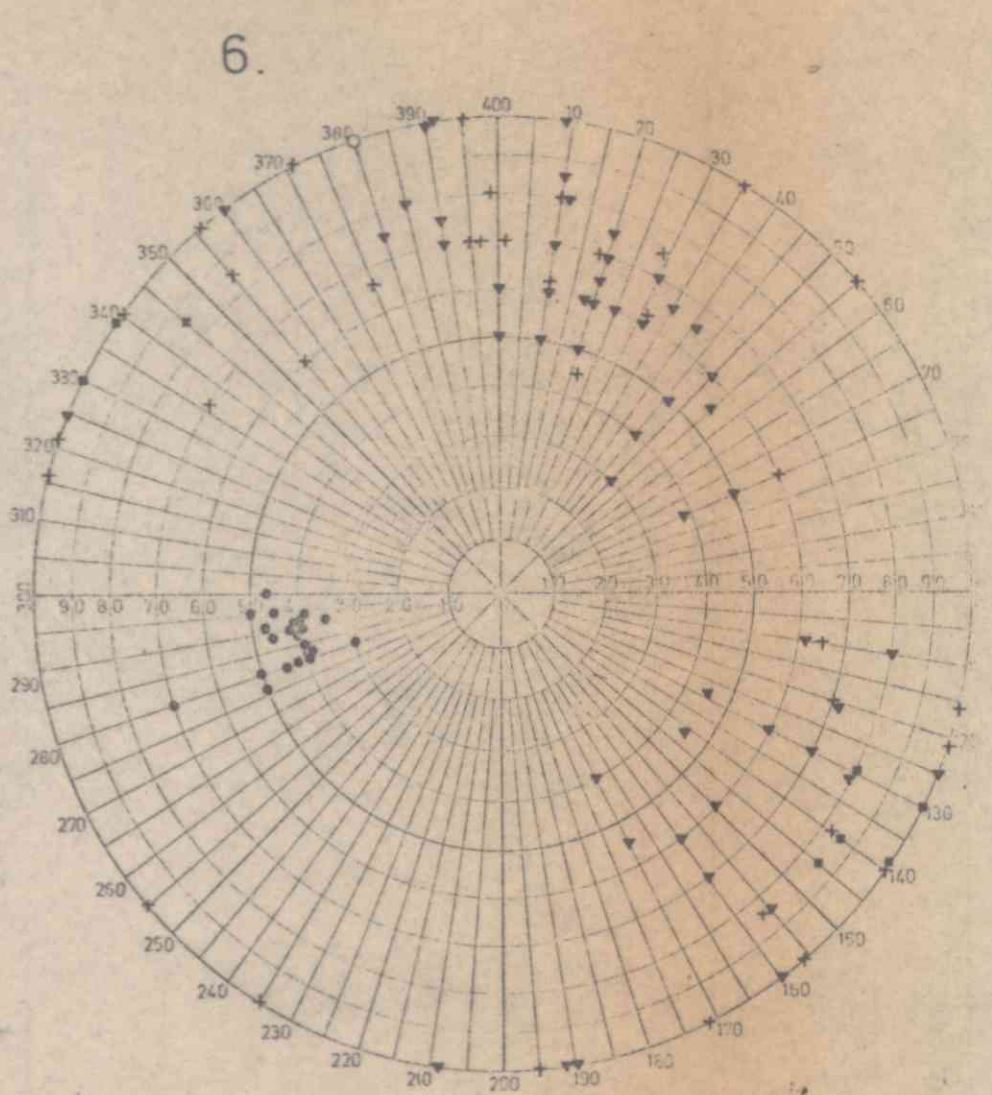
Svartnes, området rundt tunnelpåhugg



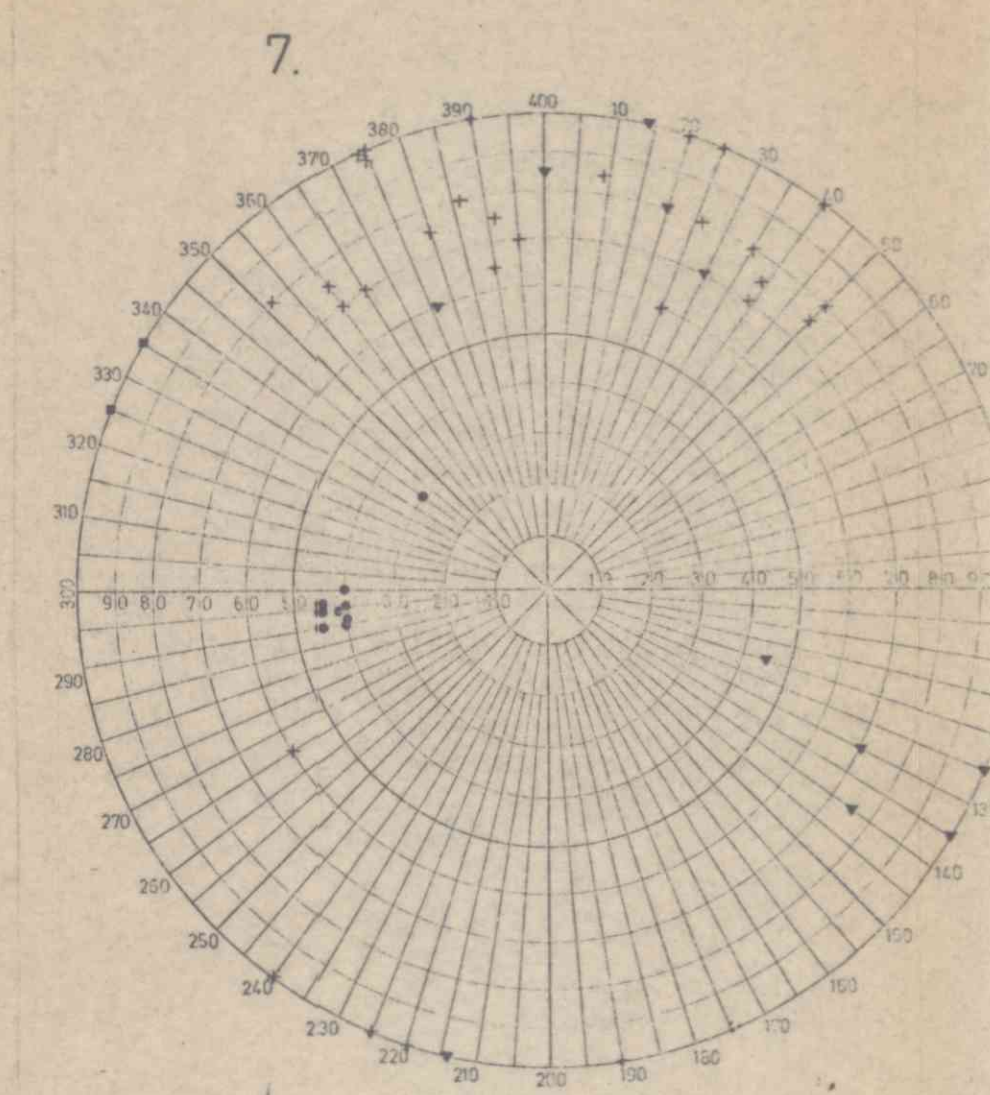
Skagen, NV-lige del av Vardöya



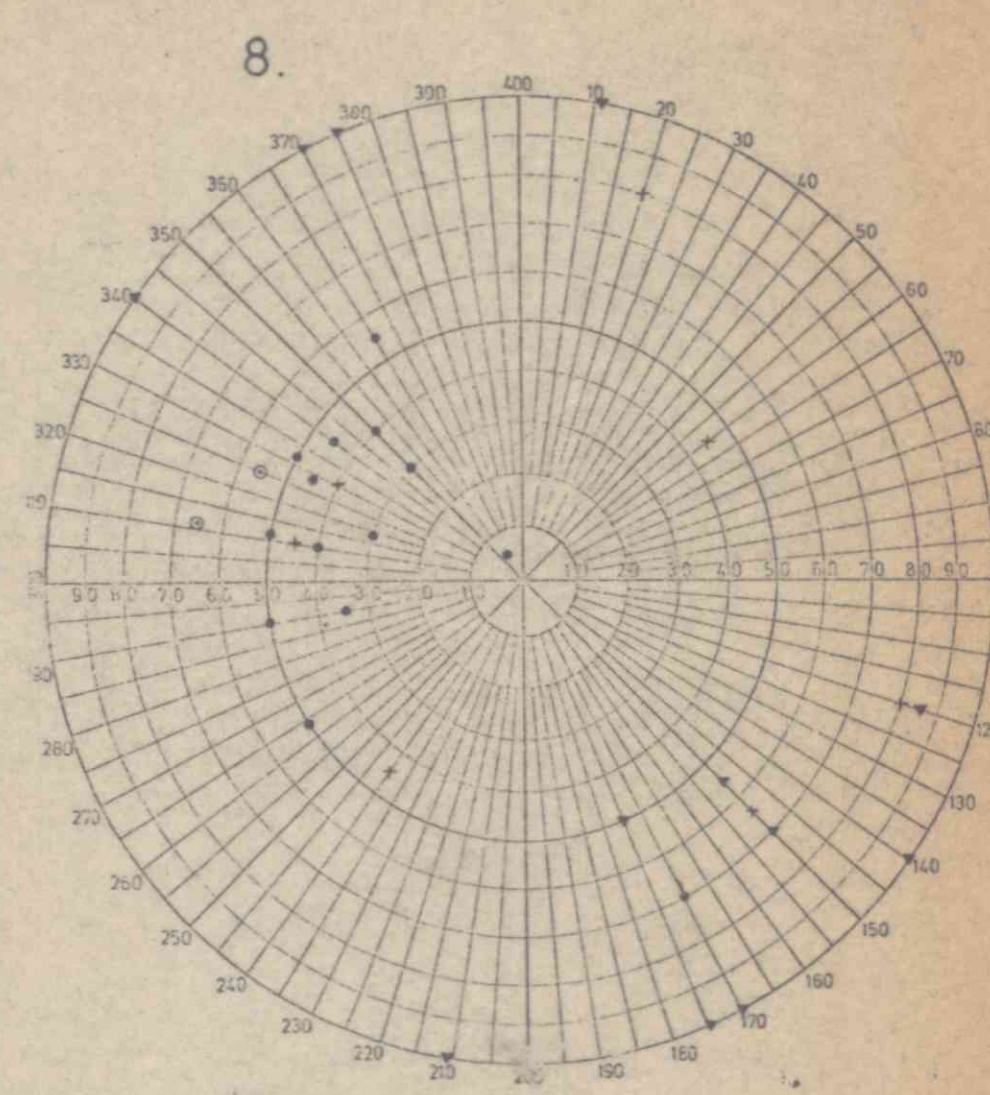
Engelsvika, V-lig del av midterste Vardöya



Steilneset, SV-lige del av Vardöya



V-lig del av Østervågen, området rundt tunnelpåhugg på Vardöya



Ø-lig del av Vardöya

Tegnforklaring:

- Lagdeling
- ◊ Klöv (skiffrighet)
- † Foldningsakse
- ▼ Sprekk, stikk
- + Gj.settende sprekk med knusning
- Gang

Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

STRUKTURDIAGRAMMER

Målestokk Boret:
Tegn.: Jan 78 AML
Saksbeh.: E.G.

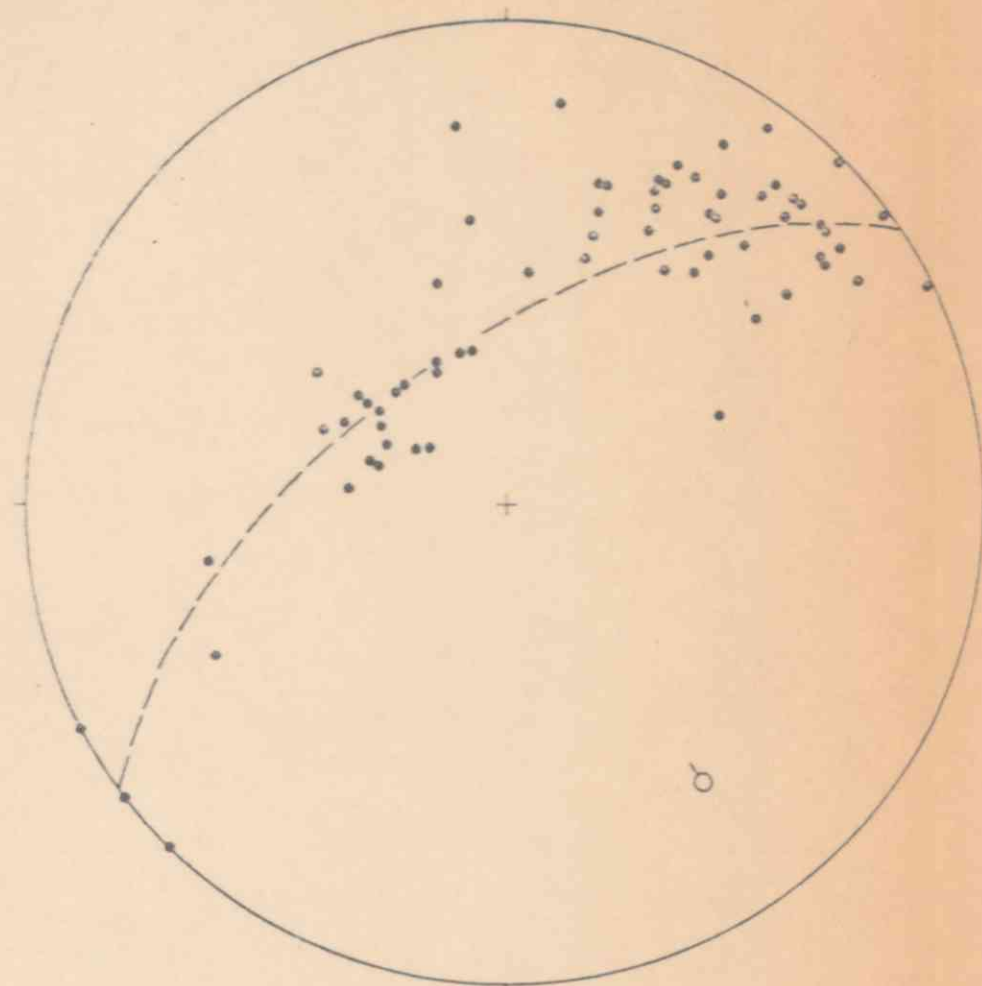
GRUNNUNDERSØKELSE:

TUNNEL UNDER
BUSSESUNDET

Tegning nr.
Y 14 C - 62

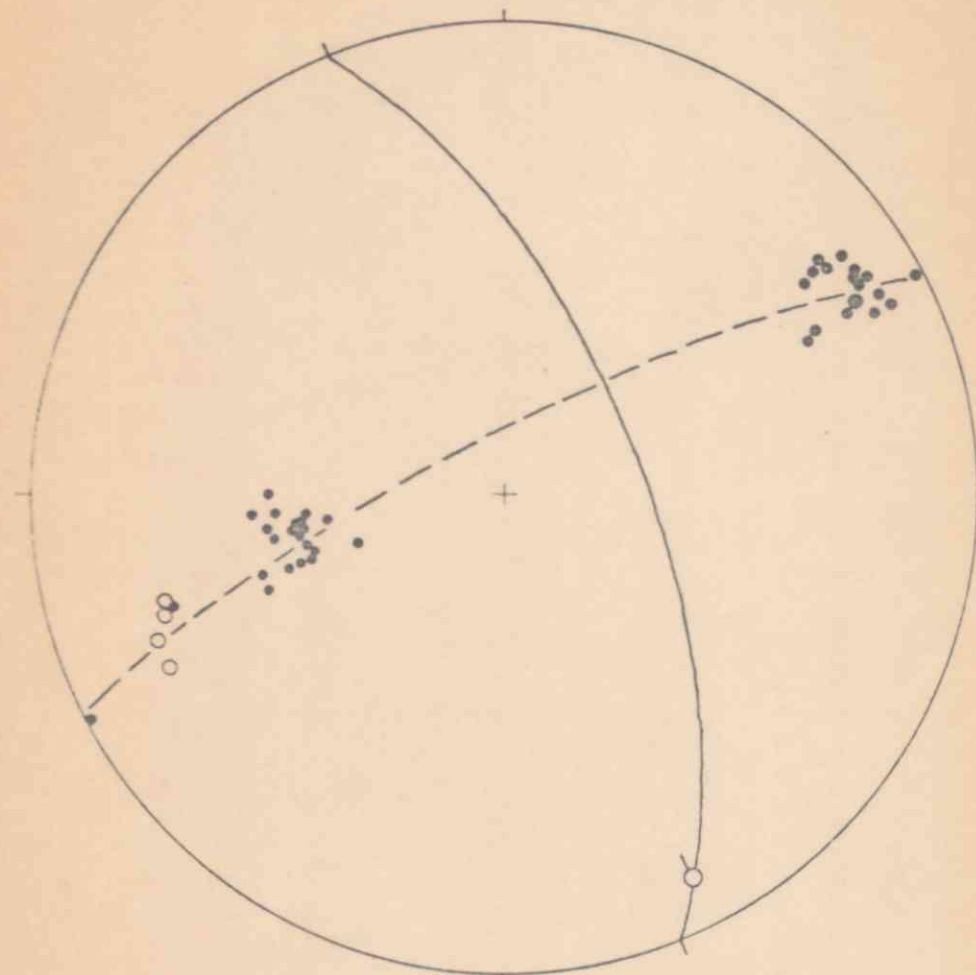
VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET

1.



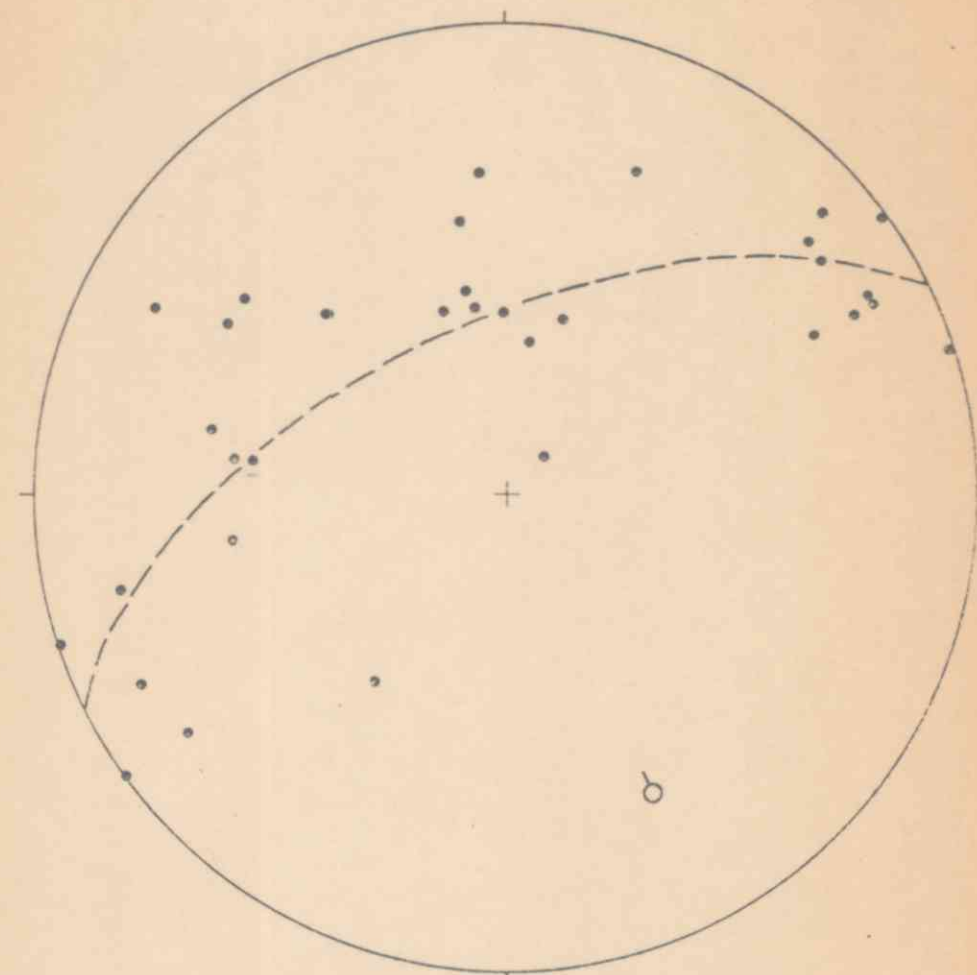
Smelror, fastlandet NV.

2.



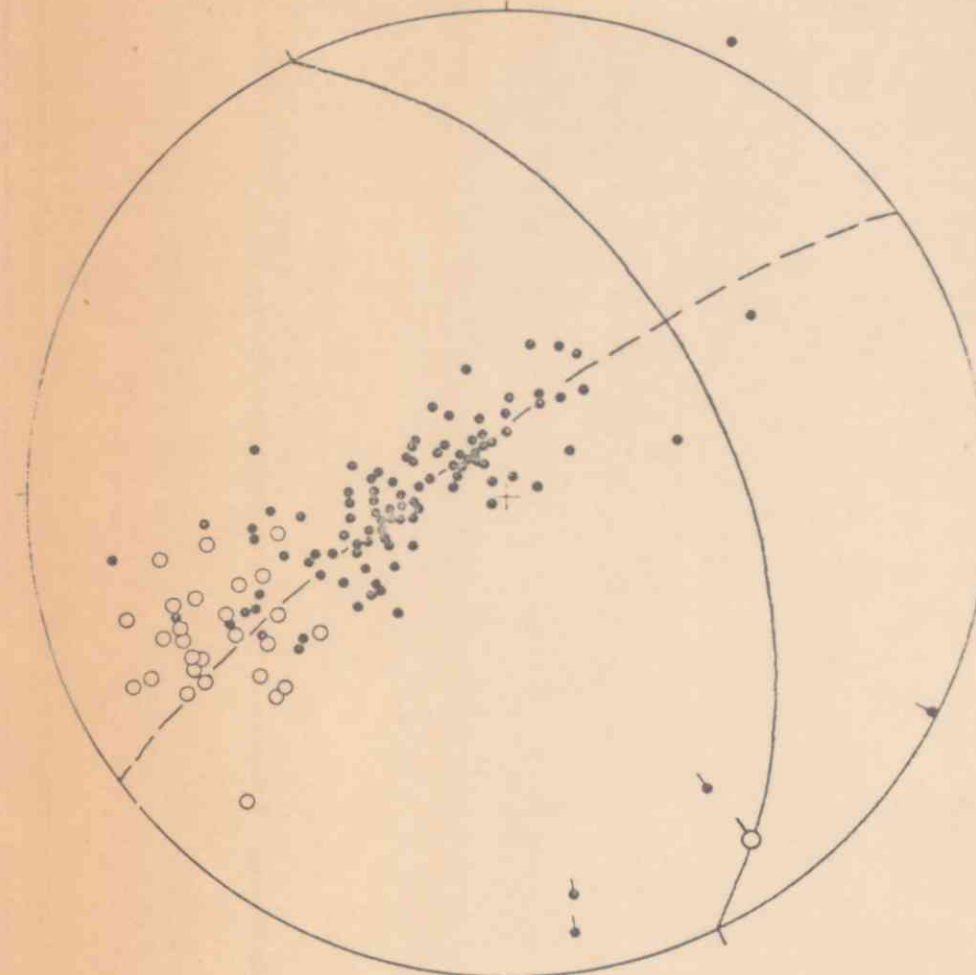
Svartnes, SV-lige Vardöya
langs Bussesundet.

3.



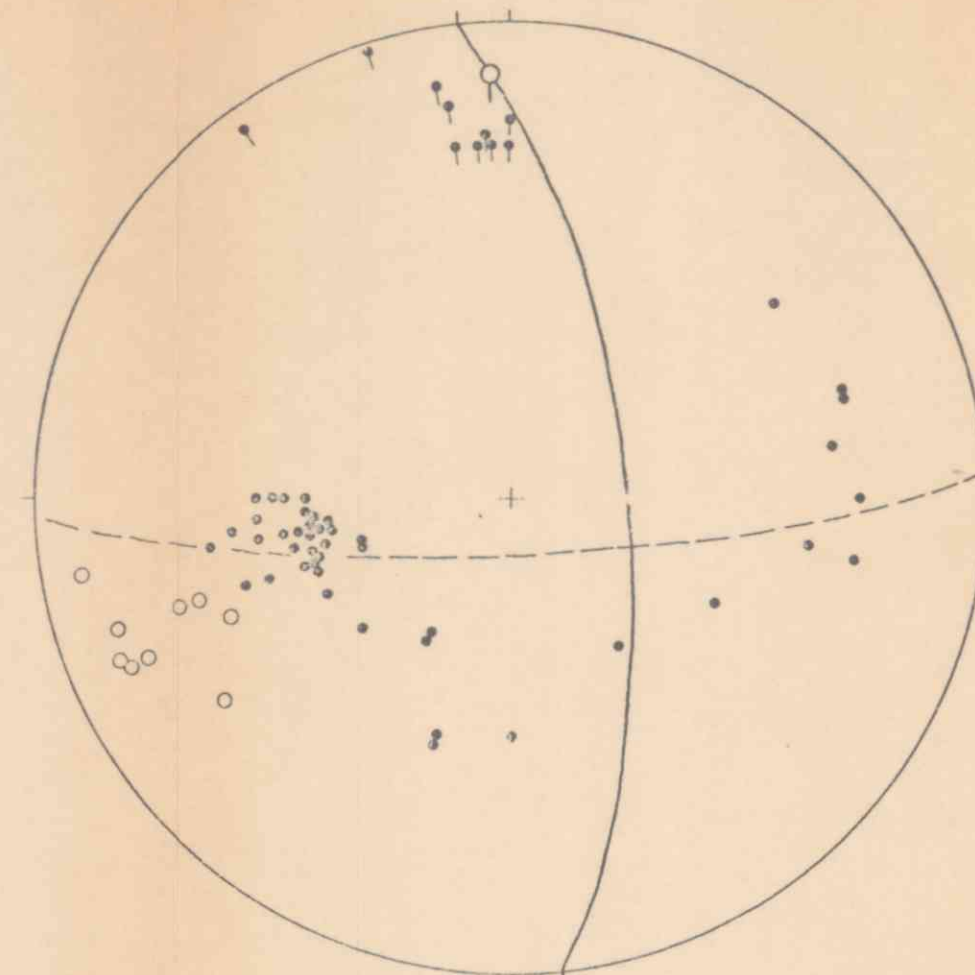
Domen, fastlandet SV.

4.



N-lige Vardöya.

5.



Engelsvika, Vardöya

Tegnforklaring:

- Lagdeling
- Klöv
- † Målte foldingsakse
- ♀ Konstruerte foldingsakse
- Heltrukken linje: Storsirkel til akseplan
- Stiplet linje : Storsirkel for å bestemme foldningsakse

Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

STRUKTURDIAGRAMMER MED
LAGDELING, KLØV(SKIFRIGHET) OG
MY KONSTR. FOLDNINGSÅKSER

Målestokk Boret:

Tegn.: Jan 78 A. H.

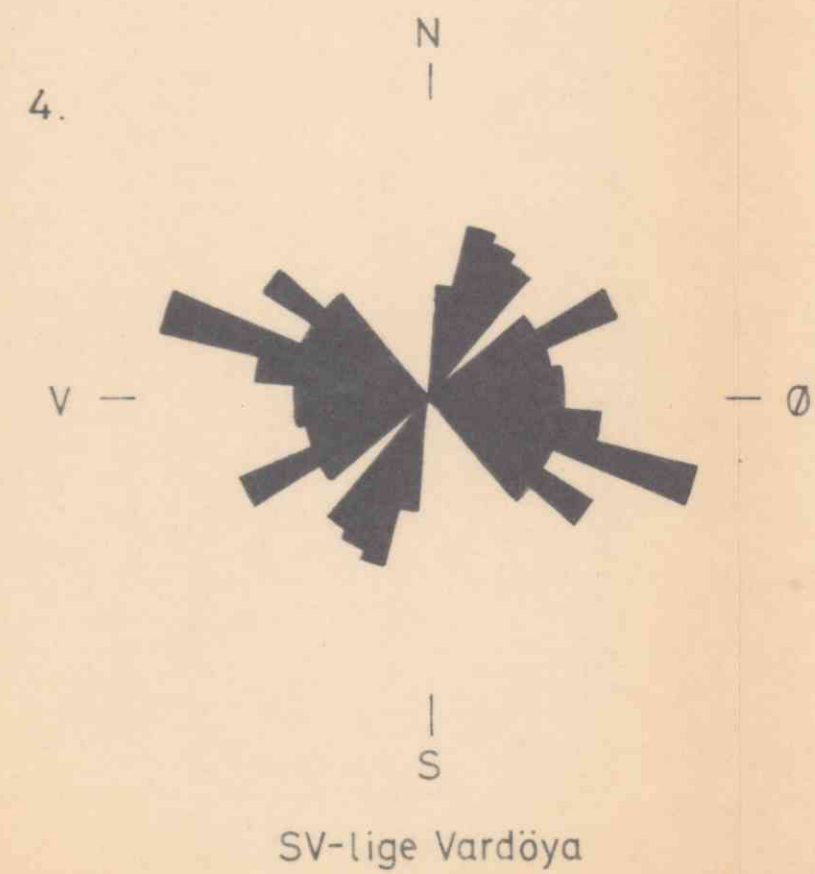
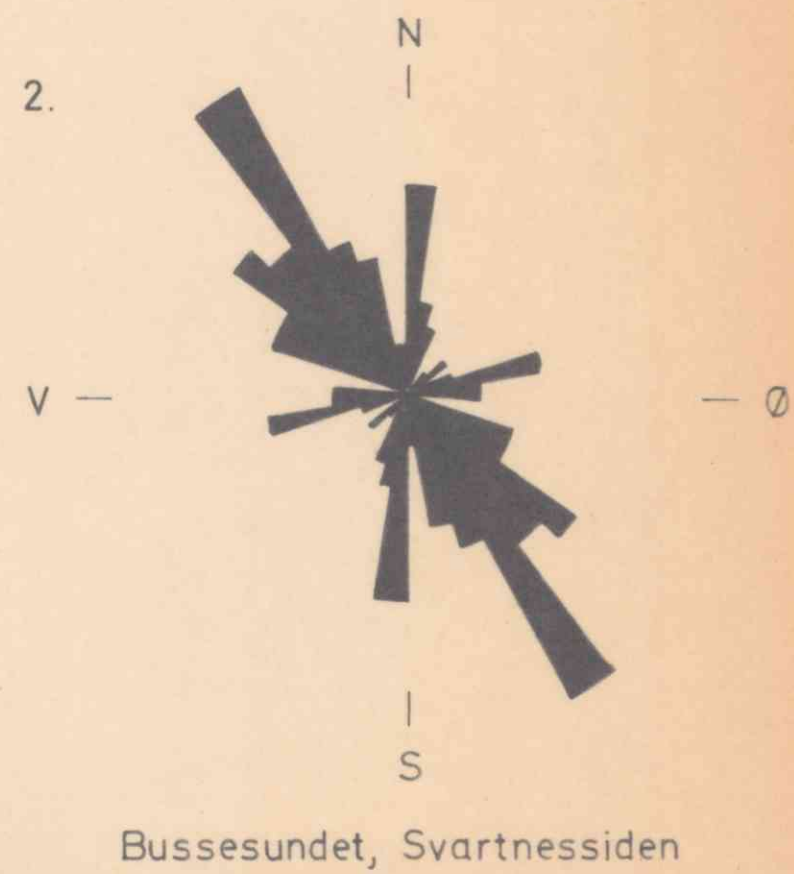
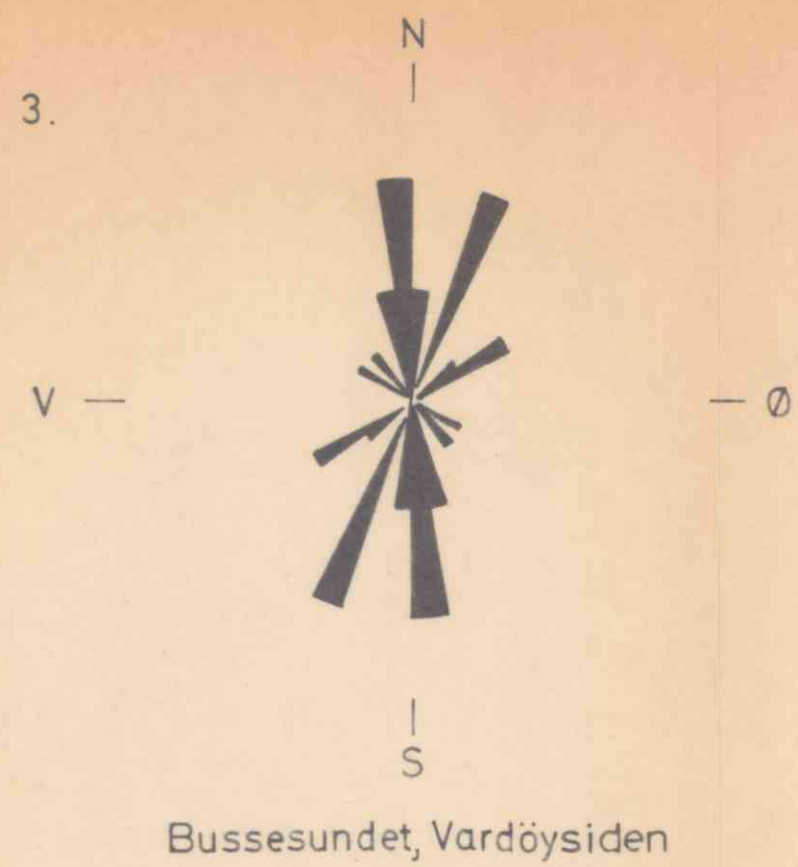
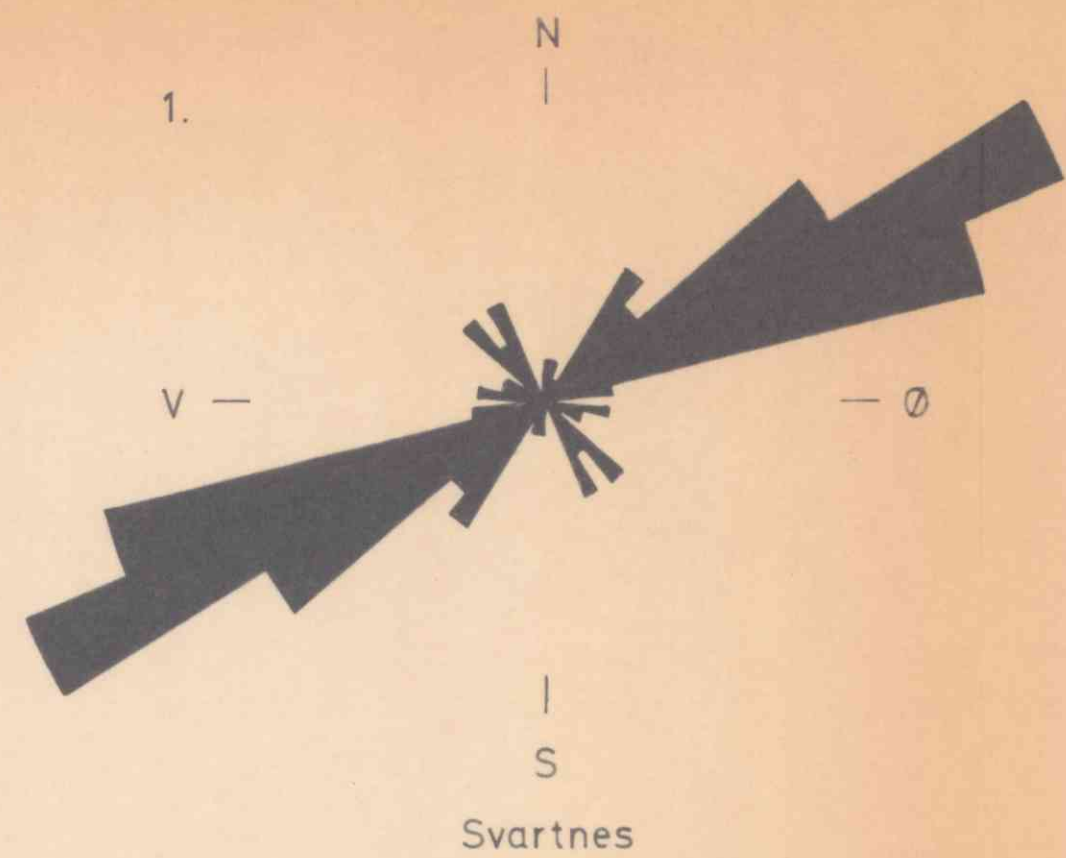
Saksbeh.: E. G. P.

GRUNNUNDERSØKELSE:

TUNNEL UNDER
BUSSESUNDET

Tegning nr.

Y 14 C - 63



Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

SPREKKROSER

Målestokk



Boret:

Tegn.: Jan 78 ArtL

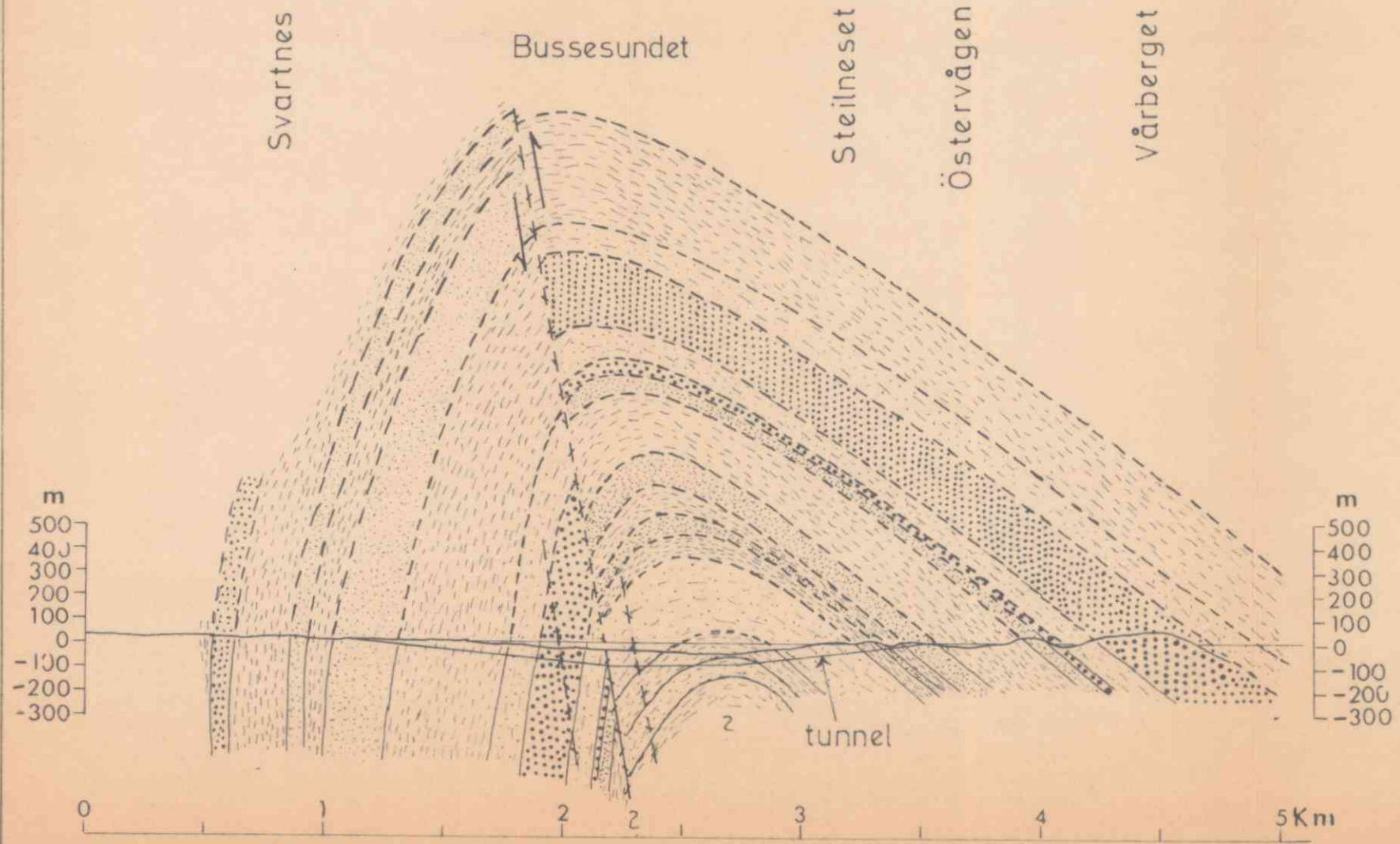
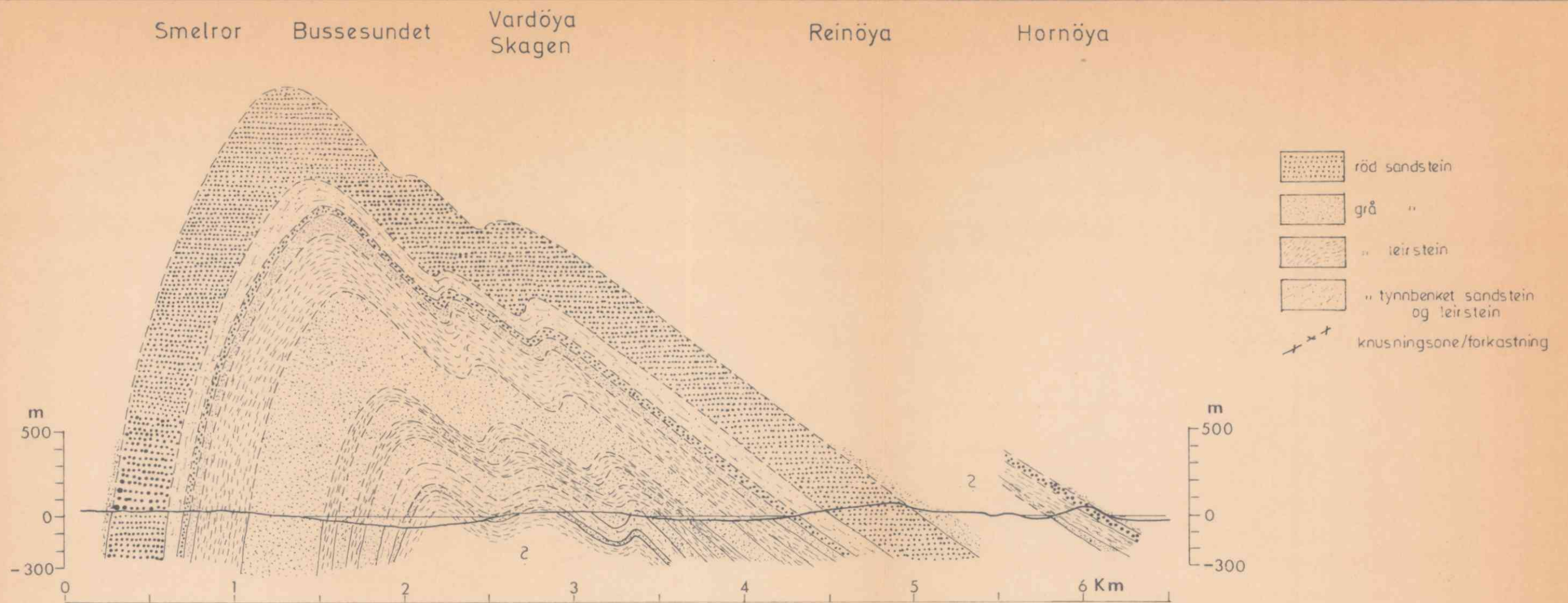
Saksbeh.: E. Gy

GRUNNUNDERSØKELSE:
TUNNEL UNDER
BUSSESUNDET

Tegning nr.

Y 14C - 64

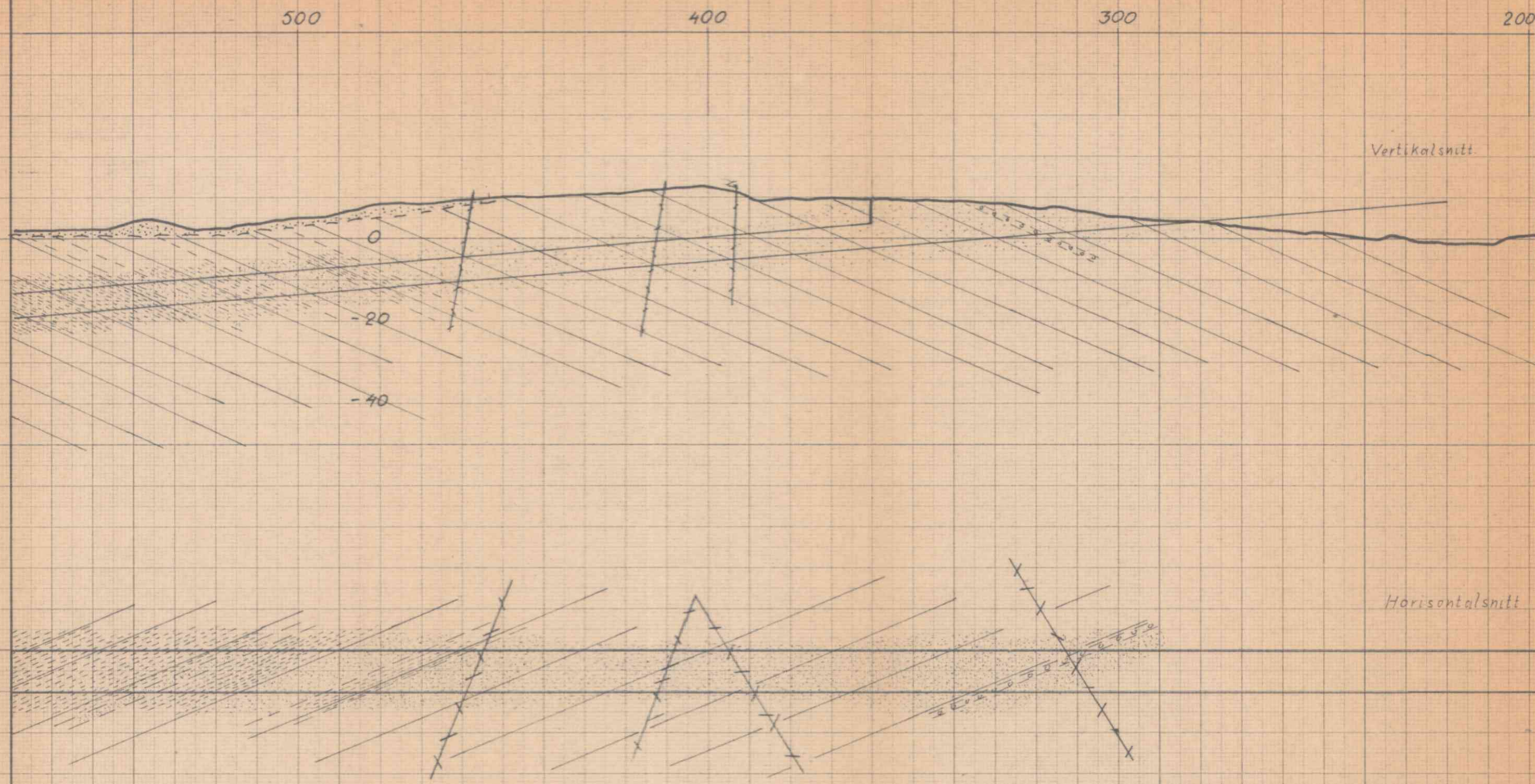
VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET



Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

Geologiske profiler gjennom Bussesundet	Målestokk	Boret:
	1:25000	Tegn.: 10/2, 78 EGY Saksbeh.: E. Györy
GRUNNUNDERSØKELSE TUNNEL UNDER BUSSESUNDET	Tegning nr. Y 14 C-65	
	VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET	



Vertikalsnitt

Horizontalsnitt

Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

LENGDEPROFIL 565 - 200
ALT. I og II

Målestokk
1:1000

Boret:
Tegn.: Jan. TB AML
Saksbeh.: E. Gy.

GRUNNUNDERSØKELSE:

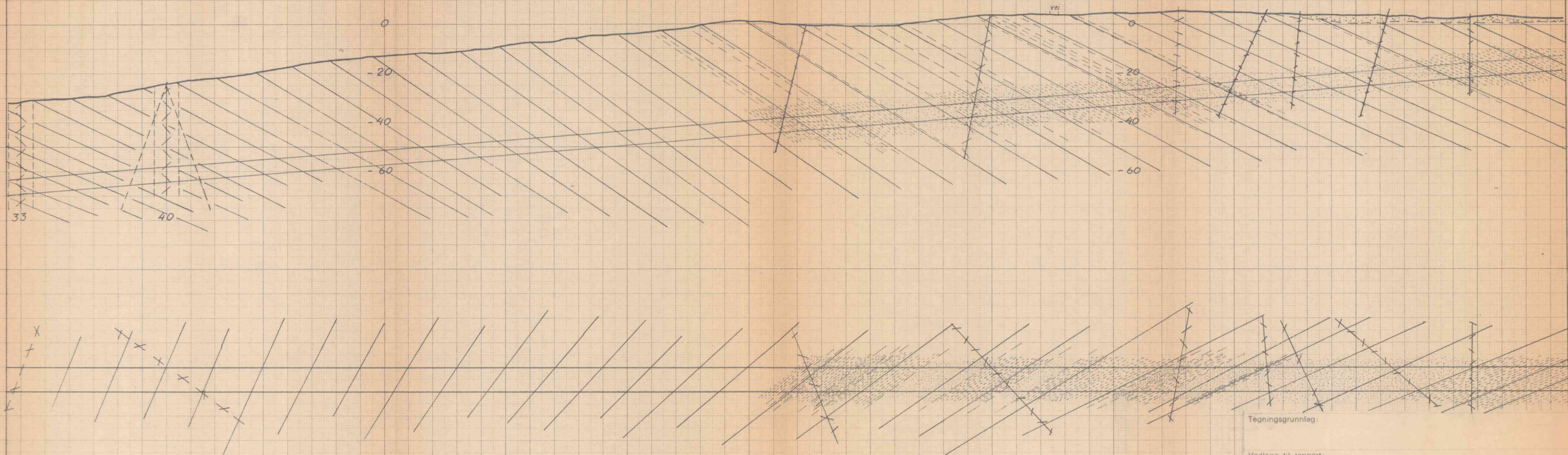
TUNNEL UNDER
BUSSESUNDET

Tegning nr.

Y 14 C - 66.

VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET

1200 1100 1000 900 800 700 600



Tegningsgrunnlag:

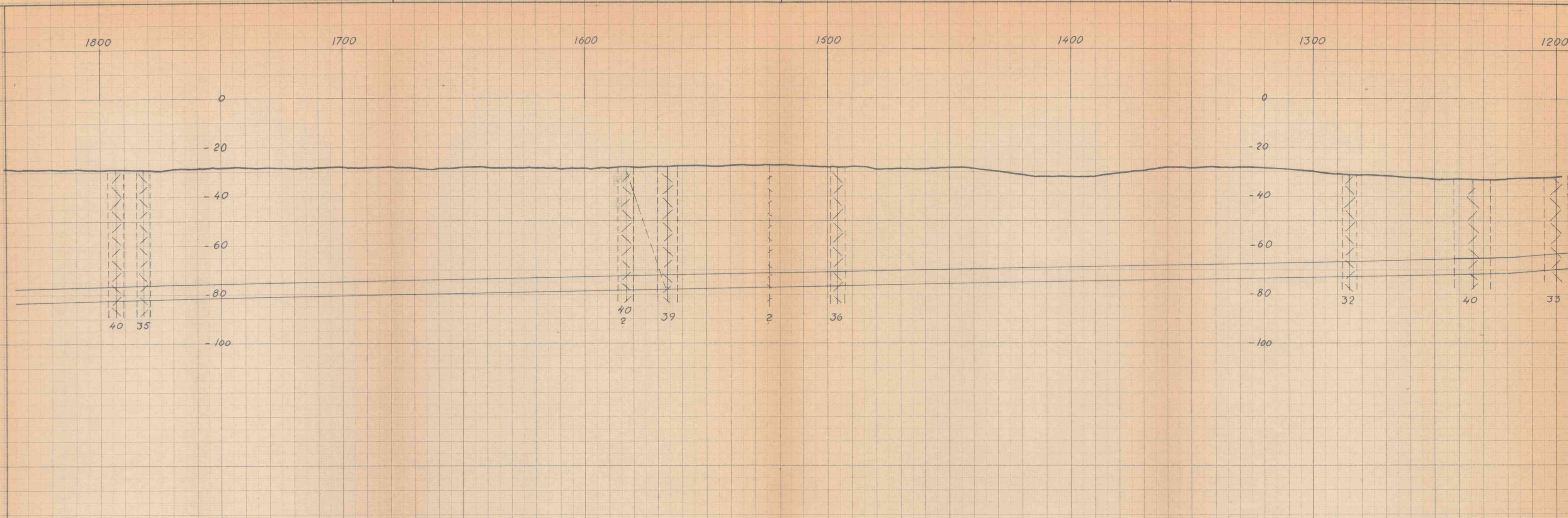
Vedlegg til rapport:

LENGDEPROFIL 1200-565 ALT. I og II.	Målestokk 1:1000	Boret: Tegn.: Jan. 78 AML Saksbeh.: E. Gy
	Tegning nr. Y 14 C - 67	

GRUNNUNDERSØKELSE:

TUNNEL UNDER
BUSSESUNDET

VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET

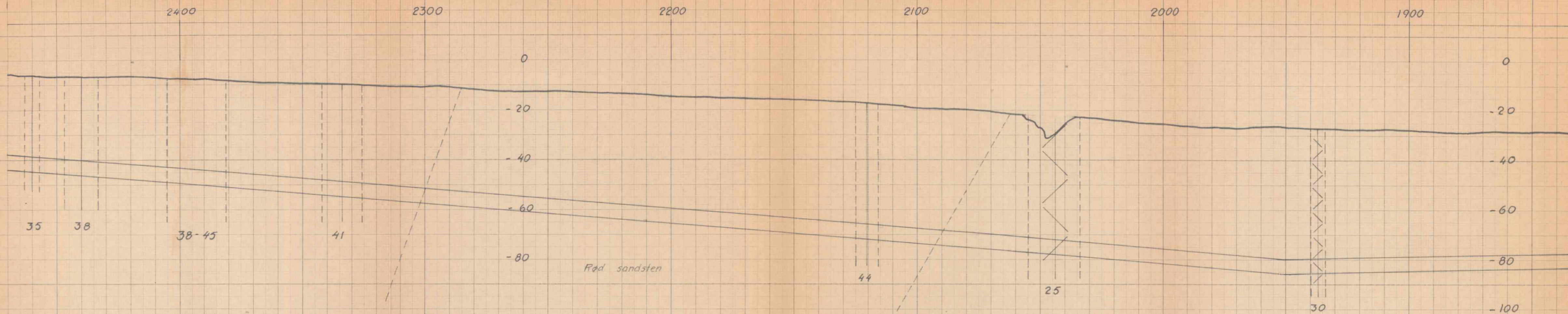


Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

LENGDEPROFIL 1840 - 1200 ALT. I	Målestokk	Boret:
	1:1000	Tegn.: Jan 78 AML Saksbeh.: E Gy
GRUNNUNDERSØKELSE: TUNNEL UNDER BUSSESUNDET	Tegning nr. Y14C - 68.	

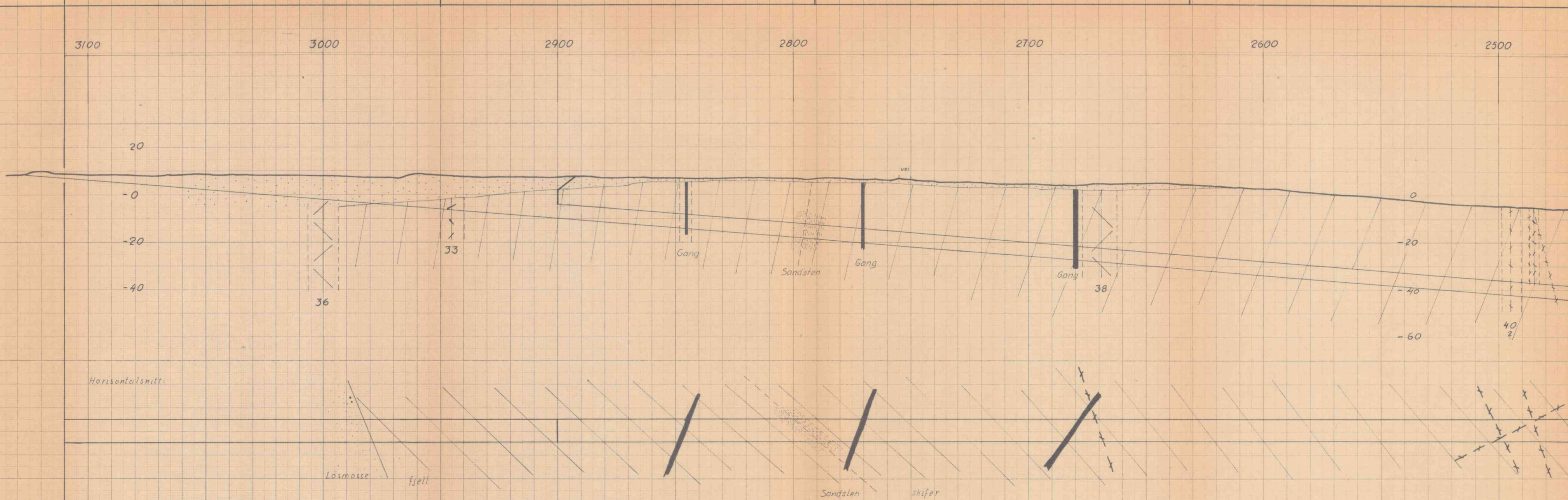
VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET



Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

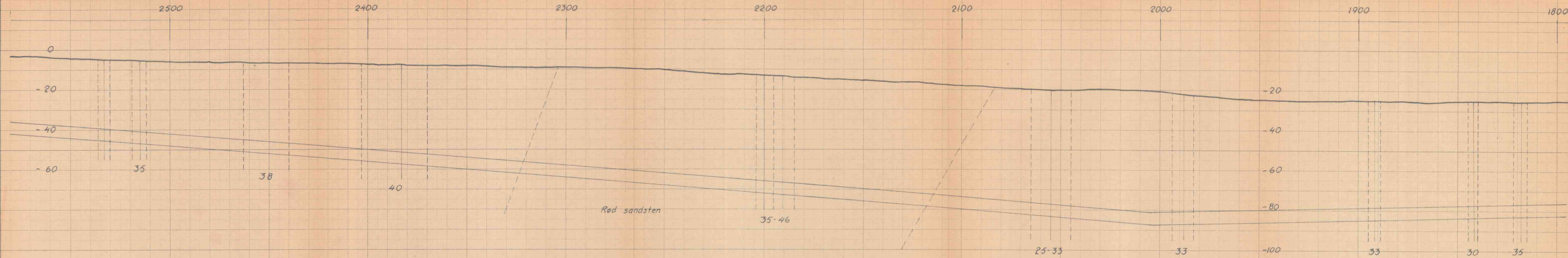
LENGDEPROFIL 2470-1840 ALT. I	Målestokk 1:1000	Boret:
		Tegn.: Jan 78 AML Saksbeh.: E. G.
GRUNNUNDERSØKELSE: TUNNEL UNDER BUSSESUNDET		Tegning nr. Y 14C - 69.



Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

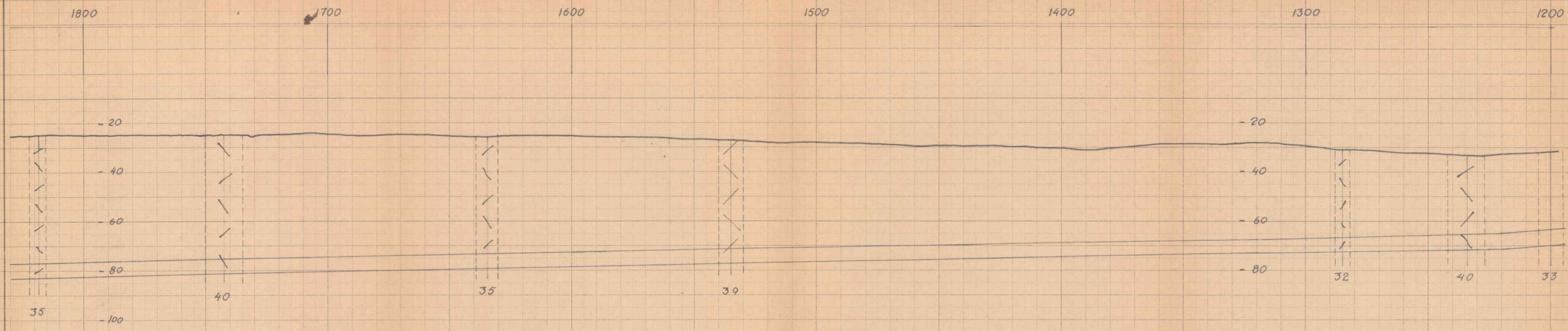
LENGDEPROFIL 3100 - 2470 ALT. I	Målestokk 1:1000	Boret: Tegn.: Jan. 78 ATL Saksbeh.: E. Gy
	Tegning nr. Y 14 C - 70	



Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

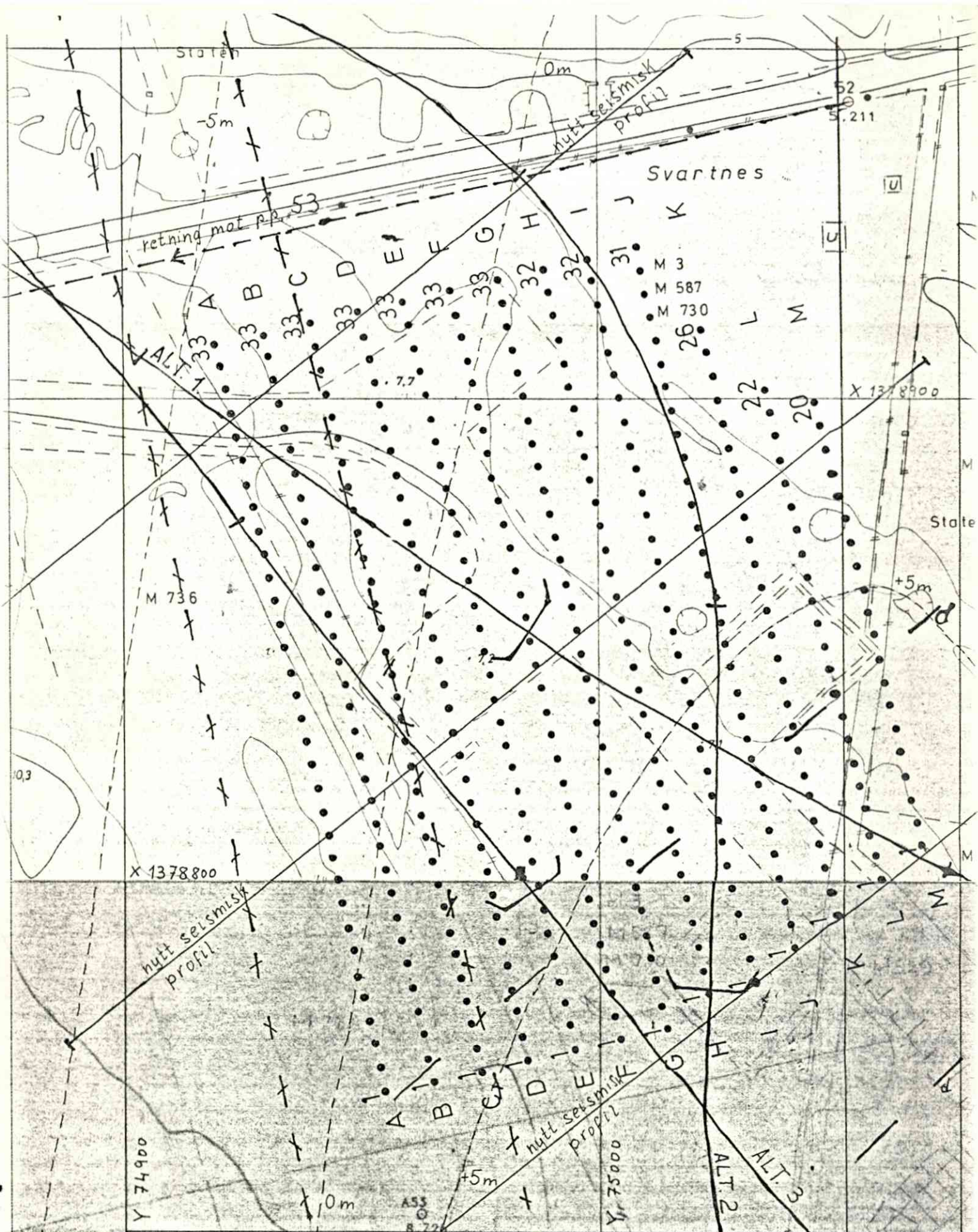
LENGDEPROFIL 2580-1800 ALT. II		Målestokk 1:1000	Boret: Tegn.: Jan 78 AM Saksbeh.: E.Gy
GRUNNUNDERSØKELSE TUNNEL UNDER BUSSESUNDET		Tegning nr. Y 14 C - 71.	
VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET			



Tegningsgrunnlag:

Vedlegg til rapport:

LENGDEPROFIL 1800 - 1200 ALT. II		Målestokk 1:1000	Boret: Tegn.: Jan. 78 AML Saksbeh.: E. Gv
GRUNNUNDERSØKELSE: TUNNEL UNDER BUSSESUNDET		Tegning nr. Y 14C - 72	



Borplan ved påhuggsted på
Svartnes

TUNNEL UNDER BUSSESUNDET

Målestokk

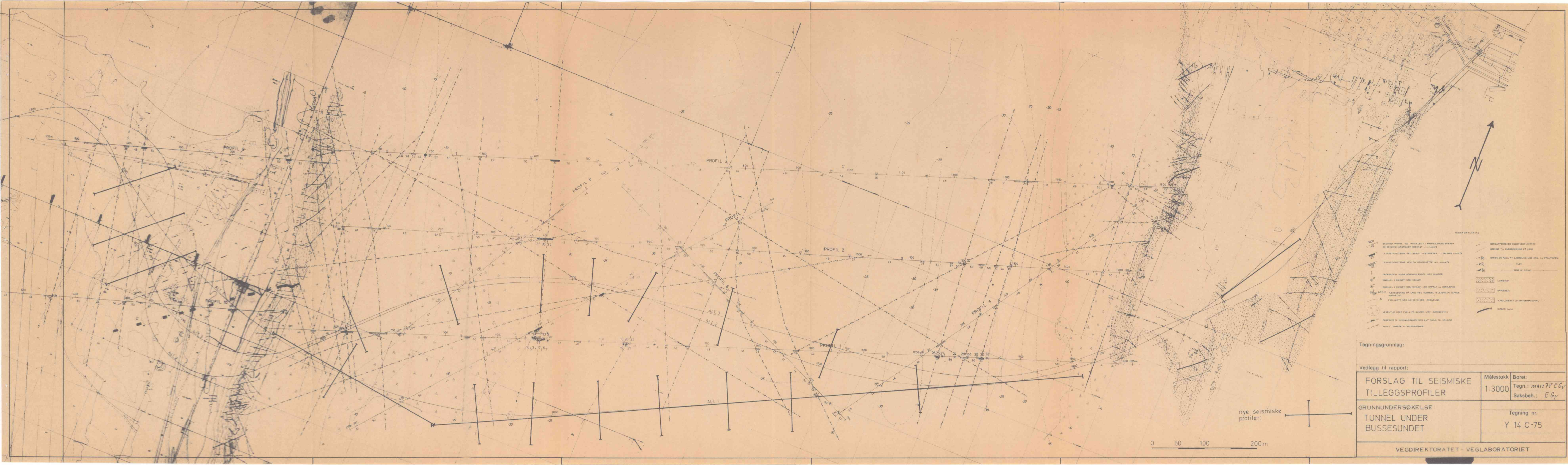
1:1000

Tegning nr.

Y 14 C-74

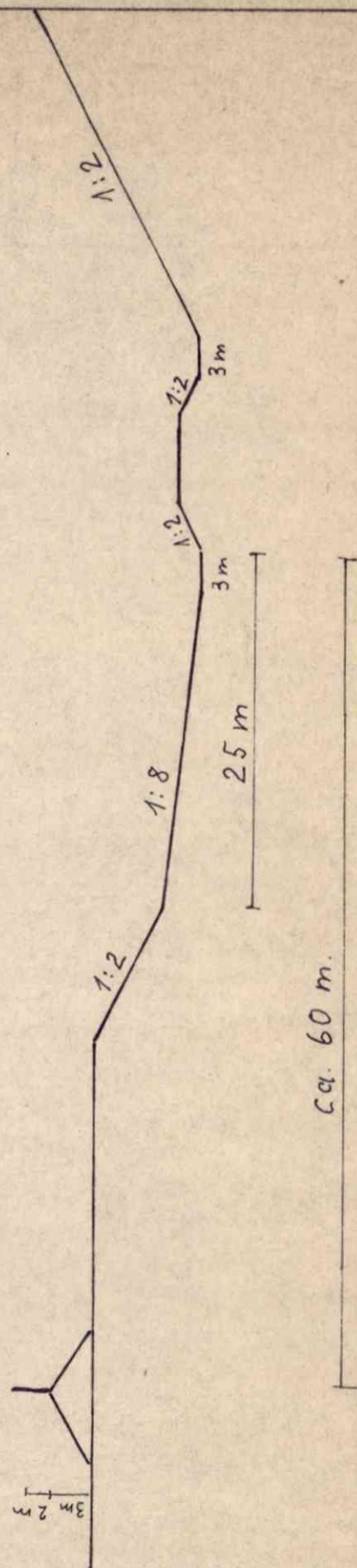
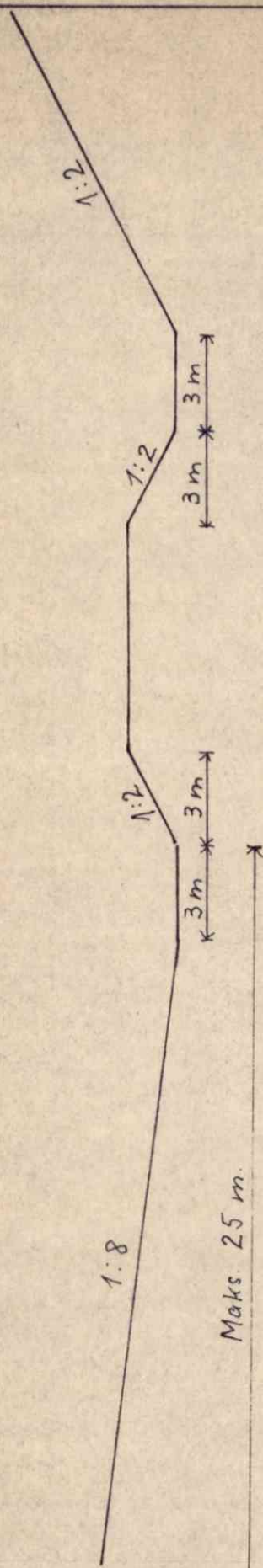
Dato/Sign.: mars-78 E6y

VEGDIREKTORATET – VEGLABORATORIET



- TEGNFORKLARING
- SEISMISK PROFIL MED ANMÆLSELSE AF PROFILLØSSE OVERST OG SEISMISK HASTIGHED NEDST (100 M/S)
 - LAVHASTIGHEDSOMRÅDE MED SEISMISK HASTIGHED TIL OG MED 100 M/S
 - LAVHASTIGHEDSOMRÅDE MELLEM HASTIGHEDER 100-150 M/S
 - DROPPSTEN LANGE SEISMISK PROFIL MED NUMMER
 - SKRIVHULL I BUNDET MED NUMMER
 - SKRIVHULL I BUNDET MED NUMMER MED OPTAK AV BOKSERNE
 - 435 M KLEBERBØRST PÅ LAND MED NUMMER, HELLING OG LØSNING
 - FJELLOPTE MED HØJDE, DYBDE, ANSVARELSE
 - VEBENTIG BART FJELL PÅ BUNNEN LITEN OVERBEVING
 - OVERBEVINGTE PRØVNINGER MED ANTOYING TIL HELLING
 - ANTATT FORLØB AV KULLINGSDØRE
 - BEREKNINGSOMRÅDE OVERBEVING/ANTATT
 - GRENSE TIL OVERBEVING PÅ LAND
 - STROK OG FALL AV LAGDELING MED ANG. AV FALLVINKEL
 - KLEVV
 - SPRØKK, STROK
 - LEIENSTEN
 - HANDSTEN
 - NOENLOENSTEN (INTRAFORMATIONAL)
 - DIABAS GARD

Tegningsgrunnlag:		
Vedlegg til rapport:		
FORSLAG TIL SEISMISKE TILLEGGSPROFILER	Målestokk 1:3000	Boret:
		Tegn.: <i>mar 78 E</i>
GRUNNUNDERSØKELSE: TUNNEL UNDER BUSSESUNDET		Saksbeh.: <i>EG</i>
		Tegning nr. Y 14 C-75
VEGDIREKTORATET - VEGLABORATORIET		



Etter: H. Norem.

Forslag til skjæringsprofil og snø-skjerming på Svartnes

TUNNEL UNDER BUSSESUNDET

Målestokk
1:200
og
1:500

Tegning nr.
Y 14 C -76
Dato/Sign.: mars-78 EGY