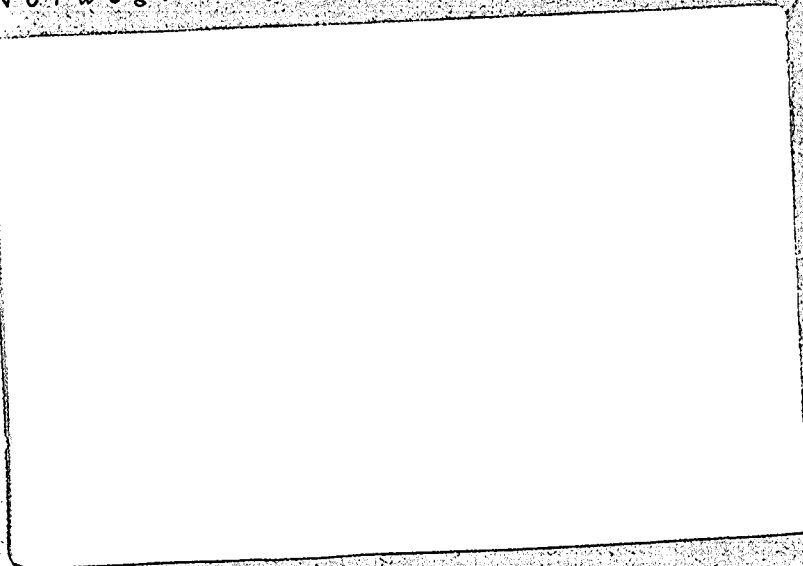


R-1065

~~NVD-E-2~~

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT  
Norwegian Geotechnical Institute



FORSKNINGSVEIEN 1, OSLO 3 — TLF. 69.58.80

*Ingen beniget*

\* D2,3,4, NV.E1,2,3, F1,2,3, G1,2,

23 23 461x  
Hotvedt  
Ballona -

~~OSLO - KART OG PLAN  
00504 12.3.73  
MAPPE~~

Tilhører Undergrunds-kartverket  
Må ikke fjernes

**NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT**  
*Norwegian Geotechnical Institute*

Hovedkloakktunnel Lysaker -  
Majorstua.  
Grunnundersøkelser strekningen  
Frantzebråten - Bestun

72630-1

2. mars 1973

FORSKNINGSVEIEN 1, OSLO 3 — TLF. 69 58 80

Tegninger:

- Nr. 01 - Geologisk oversiktskart, Lysakerelva - Skøyen,  
Jarlsbergveien.
- " 02 - Løsmassekart, Lysakerelva - Skøyen, Jarlsbergveien.
- " 03 - Geologisk profil, Frantzebråten - Bestun.
- " 04 - Renseanlegg Frantzebråten, geologisk kart med snitt.
- " 05 - Borkjernebeskrivelse Hull D1.
- " 06 - " Hull D2 og D3.
- " 07 - " Hull D4.
- " 08 - " Hull D5.
- " 09 - " Hull D6 og D6B.

INNHOLDSFORTEGNELSE:

	<u>Side:</u>
I INNLEDNING	1
II GEOLOGISK OVERSIKT	1
Kambrosilur	2
Permiske bergarter	3
Tektonikk	4
III LØSMASSER	5
IV GRUNNFORHOLD	5
Stabilitetsforhold for tunnelene	5
Hydrogeologi	6
V SPESIELLE GRUNNUNDERSØKELSER	8
Seismiske målinger	8
Sonderboringer	8
Kjerneboringer	8
VI BESKRIVELSE AV TRASEEN	12
0-320 m, retning N78°	12
320-890 m, retning N40 <sup>g</sup> °	13
890-1310 m, retning N85 <sup>g</sup> °	13
VII INGENIØRMESSIGE VURDERINGER	14
Tetningsmetoder	14
Sikringsmetoder	14
Anvendbarhet av tunnelstein	15
VIII RENSEANLEGG FRANTZEBRÅTEN	16
IX FULLBORING, VIDERE UNDERSØKELSER	17
X SAMMENDRAG OG KONKLUSJON	17

## I INNLEDNING

Fra Oslo kommune, Geoteknisk kontor, har Norges geotekniske institutt fått i oppdrag å foreta en geologisk kartlegging og ingeniørgeologisk vurdering av traséer for hovedkloakktunneler mellom Majorstua og Lysaker. Delstrekninger er av Geoteknisk kontor prioritert slik:

1. Tunnel Frantzebråten - Mærradalsbekken inklusive renseanlegg i fjell.
2. Tunnel Lysaker - Bestun.
3. Tunnel Mærradalsbekken - Majorstua.

Denne rapporten omfatter delstrekning 1. De øvrige vil bli behandlet i senere rapporter.

Rapporten bygger på foreliggende kartmateriale, geologiske markundersøkelser, seismiske målinger, sonder- og kjerneboringer. Dessuten er det samlet tilgjengelige erfaringer fra grunnundersøkelser og tunnelarbeider i omliggende områder.

Feltarbeidet er utført av siv.ing. U. Fredriksen, som også har vært med på utarbeidelsen av rapporten.

## II GEOLOGISK OVERSIKT

Bergartene innen det aktuelle området stammer fra to tids-epoker, og består av kambrosiluriske sedimentbergarter og permiske gangbergarter. Det geologiske kartet, fig. 01, bygger på geologiske befaringer i området, og på manuskriptkart samlet av Bockelie ved Geologisk Museum.

Fjelloverflaten er kupert, og depresjonene er delvis fylt med løsmasser, vesentlig leire som er avsatt i havet etter istiden da havnivået var høyere enn i dag. Tegning nr. 02 gir en oversikt over løsmassene opptegnet på grunnlag av tilgjengelige grunnundersøkelser, boringer og seismiske målinger.

Kambrosilur

Dette er lagdelte sedimentbergarter som består av kalk, leirskifer og sandstein. Bergartene er foldet omkring en akse NØ-SV, og skifriheten har derfor en strøkretning NØ-SV. Fallet er enten NV eller SØ, og varierer med foldingene fra vertikalt til horisontalt.

Sedimentbergartene i det aktuelle området er fra midtre og øvre ordovicium, som har en lagserietykkelse ca. 310-435 m. Bergartene her er vekslende kalk- og leirskiferlag. Tykkelsen på de enkelte kalk- og skiferlag er ofte bare noen få cm. Karakteristisk for avdelingen er såkalt knollekalk, kalken forekommer her i knoller, for det meste i størrelse 10 cm med skifer mellom. Mengdeforholdet mellom skifer og kalk varierer.

På det geologiske kartet er de sedimentære lag skilt ved etasjebetegnelse. Bergartenes sprengningstekniske egenskaper er tilnærmet de samme gjennom hele lagrekken, det er derfor ikke så påkrevet å skille skifer og kalk i lagrekken. Lagrekken, som kan ventes langs tunneltraséen, består av følgende bergarter:

Etasje	Latinske navn	Blottlagt i dagen andre steder i Oslo
4cγ	Øvre Trinucleus skifer	Øyene i Bunnefjorden
4cβ	Trinucleus kalk	Rodeløkken på Bygdøy
4cα	Undre Trinucleus skifer	Rodeløkken på Bygdøy
4bδ	Øvre Chasmops kalk	Rodeløkken på Bygdøy
4bγ	Øvre Chasmops skifer	Gyldenløvesgt. under Ciro
4bβ	Undre Chasmops kalk	Gyldenløvesgt. under Ciro
4bα	Undre Chasmops skifer	Gyldenløvesgt. og Abelhaugen
4aβ	Ampyx kalk	Nord for Maridalsvn. 14 og Abelhaugen
4aα	Ogygiocaris skifer	Maridalsvn. (ved tilfluktsrom) og ved Huk på Bygdøy
3c	Orthocer kalk	Maridalsvn. (ved tilfluktsrom) og ved Huk på Bygdøy)

Spesielt kan nevnes at det under kartleggingen av NSB-tunnelen og fra annen tidligere kartlegging er funnet tynne sleppesoner parallelt lagdelingen i bergarter fra etasje 4a. Dette er gamle vulkanske askelag som inneholder svellende leirmineraler (bentonitt). 4b er sammen med 4a de mest utbredte lag i området for tunneltraséen.

### Permiske bergarter

De permiske bergartene er eruptiver og opptrer som gangbergarter i kambrosiluren. Gangene er tallrike, og sannsynligvis er det mange flere enn de som er registrert på det geologiske kartet.

I hovedsaken er det to systemer av eruptivganger. Det ene har retning ca. N-S, og står steilt. Det andre følger strøketretningen, og står vanligvis noe steilere enn lagene. De fleste gangene er tynne, fra under 1 m og opptil noen få meter. Det finnes imidlertid noen ganger med betydelig mektighet (10-20 m):

Gangene har forskjellig sammensetning. De hyppigste er diabas- og mænaittganger.

Mænaittgangene er de eldste, og disse gangene går som regel parallelt skiferlagene. Mænaitten er en lys feltspatbergart (Na-rik feltspat).

Rombeporfyrgangene kom noe senere. Disse gangene, som kan være 10-20 m brede, opptrer i steiltstående spalter.

Begge disse bergartstyper har skarpe overganger til sidebergarten uten særlig oppsprekking og leirmineralisering.

Syenittgangene er i det vesentligste orientert NØ-SV, men i det aktuelle området er det spesielt et par større N-S-gående, steile syenittganger med mektighet opptil ca. 50 m.

Diabasgangene er de sist opptredende. De er steile, for det meste N-S-orienterte ganger med bredde fra 0,5 til 3 m.

Disse to siste gangtypene ledsages gjerne av oppknuste områder i sideberget, ofte med kloritt og leirmineraler i sleppene.

### Tektonikk

Detaljoppsprekningen i de lagdelte bergartene har følgende hovedretninger (strøk/fall):

1. N170-185<sup>g</sup>/steil. Denne retningen er nesten vinkelrett på bergartenes strøkretning. Sprekkesetettheten kan i leirskifer gå opp i 10-15 pr. m. I kalkstein kan sprekkene opptre enkeltvis og være ganske utholdende.
2. N50-70<sup>g</sup>/10-20<sup>g</sup> følger strøkretningen, men har slakere fall (falsk skifrihet). Sprekkeavstanden kan i leirskiferen gå ned i 1 cm avstand.
3. Skifrihetsplan (lagdeling) N50-70/NV-SØ. Fallet varierer på grunn av folding.

I de eruptive bergarter er som regel sprekkemønsteret ganske uregelmessig, men for de N-S-gående gangene finnes ofte en hovedretning langs gangene.

De sedimentære bergarter er foldet med foldingsakse som følger strøket, og med svakt fall mot ØNØ. Skiferlagene mellom de kalkrike lag har under foldingen i mange tilfeller blitt intenst småfoldet, oppknust og sammenpresset av de stivere lagene. I enkelte tilfeller kan foldeprosessen ha vært så kraftig at lagene har brukket, og bergartene er blitt skjøvet over hverandre. Langs glideflatene kan bergartene være sterkt tektonisk påvirket. Overskyvninger eller foldeforkastningene representerer svakhetszone som følger strøkretningen.

De tektoniske bevegelser i permisk tid resulterte i en rekke forkastninger og sprekker. Disse er tilnærmet vertikale, og går hovedsakelig nord-syd, og skjærer gjennom de lagdelte bergartene. På kartet er tegnet inn de kjente av disse forkastninger.

### III LØSMASSER

Løsmassekartet, tegning nr. 02, gir ikke noe klart mønster for mektigheten av avsetningene, men det generelle bildet er at fordypninger i strøkretningen har de største mektigheter. I tillegg danner forkastningssoner og større svakhetssoner bassenger med løsavsetninger.

Der det er en viss mektighet på massene, (>2-3 m), vil disse i det vesentligste bestå av leire.

### IV GRUNNFORHOLD

#### Stabilitetsforhold for tunnelene

Bergartene i området for tunnelene skulle generelt sett gi bra stabilitetsforhold for tunneler med små tverrsnitt, men dagfjellsoner og de forholdsvis ugunstige retninger, nær parallell strøkretninger over lengre strekninger, vil kunne redusere stabiliteten, spesielt i forbindelse med lagene med svellende materiale som kan finnes i etasje 4b.

Et annet forhold av betydning for stabiliteten er oppsprekning og sleppesystemer som ofte forekommer i forbindelse med eruptivganger og forkastninger.

Tunnelen krysser et par større syenittganger og flere diabasganger. Sprekker og slepper i forbindelse med disse vil kunne inneholde leire, kloritt eller talkmineraler, som vil føre til redusert stabilitet i tunnelen. Erfaringer fra tunneler i tilsvarende bergarter viser imidlertid at det ikke alltid be-

høver å være særlige stabilitetsproblemer ved disse gangene.

Større N-S-gående forkastningssoner, som f.eks. den som følger Mærradalsbekken, kan representere oppsprukne partier med leirfylte sprekker.

### Hydrogeologi

Bergartene i seg selv er så lite permeable at de i praksis kan ansees vanntette. Vannveiene gjennom bergmassene vil derfor være avhengig av oppsprekningen, og sprekke- og sleppematerialets karakter. Ved gjennomsettende og kommuniserende sprekker vil lekkasjen kunne virke over lange strekninger. I det følgende er skissert de hydrogeologiske egenskaper som kan forventes i formasjoner som finnes langs tunneltraséen. De erfaringstall for permeabilitet som angis skriver seg fra oppgaver gitt av Norsk Teknisk Byggekontroll på grunnlag av utførte undersøkelser for tunnel Holtekilen.

Kalk og leirskifer dominerer langs traséen. Disse bergarter er i alminnelighet tette, men de har ulike mekaniske og geologiske egenskaper innen lagrekken. De mest motstandsdyktige mot erosjon og forvitring står igjen som oppstikkende rygger i terrenget. Depresjonene representerer svakere bergarter eller andre svakhetssoner som kan gi økt permeabilitet.

Generelt kan en si at skifrene har liten permeabilitet på tvers av lagdelingen, og større langsetter.

Forkastninger og sprekker som går på tvers av lagdelingen og forbinder depresjonene med hverandre, og med sprekke langs lagdelingen, vil derfor ha særlig stor betydning for lekkasje-forholdene.

Erfaringstall for utførte permeabilitetsmålinger i kambrosilurformasjonen har i Bærum vist følgende vanngjennomgangstall:

Uforvitret kalk/leirskifer	ca. 0-2 Lugeon (liter/m/min. ved 10 kg/cm <sup>2</sup> vanntrykk)
Forvitret kalk/leirskifer	ca. 30-80 Lugeon
Åpne slepper	ca. 100 Lugeon

Vanngjennomgangstall fra borhull langs traséen viser de samme lekkasjer.

Syenittgangene er gjennomgående sterkt oppsprukket i et fint nettverk av uregelmessige sprekker, spesielt mot sidebergarten, og de vil være meget vannførende dersom de har forbindelse til et grunnvannsmagasin.

Erfaringstall for vanngjennomgang målt i tilsvarende syenittganger er fra 30-40 Lugeon generelt, til ca. 140 Lugeon for åpne sprekker. Vanngjennomgangsforsøkene i borhull langs traséen viste variasjoner fra mellom 1 og 10 Lugeon for uforvitret fjell, til mellom 30 og 40 Lugeon for forvitret fjell.

Diabasganger har gjennomgående mindre mektighet enn syenittgangene. Disse gangene er oppsprukket i et grovt mønster, og kan ha meget åpne og utholdende sprekker i grensesonen mot sidebergarten. Gangene er da meget vanngjennomslippelige, og kan føre vann fra fjerntliggende depresjoner i terrenget.

Diabasgangene representerer derfor en fare for plutselige vanninnbrudd i tunnelen ved punktering der overgangen til sidebergarten ofte er meget skarp. Vanngjennomgangstallene for diabas er ofte meget store, og tilsvarende de åpne slepper i syenitt, det vil si opp mot 140 Lugeon.

Virkingen av vannlekkasjer i tunnelen kan inndeles i tre situasjonsbetingede kategorier, nemlig lekkasjer som kan medføre grunnvannssenkning og dertil hørende setningsskader og eventuelt andre skader, lekkasjer som kan hemme tunnelarbeidet, og lekkasjer som er uønsket for tunnelens funksjon. I mange tilfelle vil naturligvis alle disse hensyn telle samtidig. De mulige botemidler vil avhenge av situasjonen. I de to første tilfellene vil tetning av berget ved forinjisering for tunnelene drives gjennom oftest være hensiktsmessig. I det siste kan tetning utføres også på senere stadier.

På bakgrunn av de foranstående hydrogeologiske forhold, fore-  
ligger det relativt stor risiko for senkning av grunnvanns-  
standen og poretrykkene i grunnvannsbassengene i løsmassene  
omkring tunnelen. I løsmasser vil en senkning av porevanns-  
trykket føre til tilsvarende økning av effektivtrykket (be-  
lastningen) i massen. Ved meget kompressible masser, som  
leire, vil det da oppstå setninger hvis størrelse vil være  
avhengig av reduksjonen i poretrykkene og løsmassenes mektighet.  
Setninger som følge av drenerende virkning av en tunnel, kan  
derfor ofte bli betydelig selv om lekkasjen i tunnelen er re-  
lativt liten.

#### V SPESIELLE GRUNNUNDERSØKELSER

##### Seismiske målinger

Seismiske målinger er utført av A/S Geoteam, rapport 3647.01  
datert 20. november 1972. Disse målingene indikerer fjell-  
konturen og relativ fjellkvalitet langs profilet. Resultatene  
er gjengitt på lengdeprofilene, tegning nr. 03.

Særlig liten fjelloverdekning er registrert ved kryssing av  
Drammensveien og jernbanen, pel 220-280, ved Bakkeveien, pel  
1000-1050, og nær dyprennen ved Mærradalsbekken, pel 1200-1300.  
Spesielle svakhetssoner er indikert ved pel 400-430, pel  
485-575, pel 1000-1035, og ved pel 1280-1285, alle i eller nær  
større eruptivganger.

##### Sonderboringer

Sonderboring har vært utført i Geoteknisk kontors regi for å  
konstatere med større sikkerhet fjellbeliggenheten på de mest  
kritiske partier, dvs. ved Drammensveien og Bakkeveien. Ved  
Bakkeveien måtte man på grunnlag av sonderboringene forskyve  
traséen litt sydover for å oppnå fjelldekning.

##### Kjerneboringer

Kjerneboringer med vanngjennomgangsforsøk ble i tiden januar-  
februar 1973 utført av firmaet A/S Grunnboring. Det er boret

7 hull som er betegnet D1-D6B. Hullene er avmerket på kartet på tegning nr. 01, og på profilet tegning nr. 03. Samlet borhullslengde er 163 m, hvorav ca. 125 m er boret i fjell. Plasseringene er gjort med henblikk på å undersøke variasjonen i bergarten, for å lokalisere sannsynlige svakere partier og eruptivganger, og for å få en indikasjon på bergartenes styrke og kvalitet i forhold til de seismiske hastigheter.

#### Undersøkelse av kjernene

For å lette oversikten og registreringen, blir samtlige kjerner fotografert i sine kjernebasser. Bildene blir tatt av fuktede kjerner, som gir klarere mønster og farger. De utborede kjernene blir undersøkt med hensyn på bergartssammensetning, mineralogi og fjellkvalitet. Fjellkvaliteten blir registrert ved oppsprekning, lyd hastighet, enakset trykkforsøk og enakset strekkforsøk.

I denne rapporten er tatt med bergartssammensetning og oppsprekning. De andre resultatene vil bli gitt i egen rapport.

Oppsprekningen er uttrykt ved den såkalte Rock Quality Designation (RQD), som er beskrevet av D. U. Deere (Technical Mechanics and Engineering Geology 1964, Vol. 1, No. 1). RQD-verdier er et uttrykk for sprekketetthet idet den angir samlet lengde av kjernestykker på 10 cm eller mer i % av hele opptakslengden, eller vanligvis av hele meter av kjernen. Disse verdier er oppteget i diagrammene, tegning nr. 05, 06, 07, 08 og 09. Deeres klassifikasjonssystem er basert på 55 mm kjerne diameter. Kjernene her har diameter 42 mm. Da RQD skal gi uttrykk for naturlige sprekker, skulle verdiene ikke avhenge av kjernediameteren, men større diameter vil gi noe høyere verdier enn små.

I diagrammene 05, 06, 07, 08 og 09 er det også tatt med sprekkefrekvens som angir naturlige sprekker pr. m. Klassifikasjon etter sprekkefrekvens og RQD-verdier angir fjellkvalitet med hensyn til stabilitet, og indikerer således sikringsbehov.

Som en ser av tabell 1, angir RQD her en fjellkvalitet som etter norske forhold er dårlig, og i alle fall meget varierende.

Hull	Kjernelengde	Prosentvis fordeling etter RQD-verdier				
		0-25 Meget dårlig	25-50 Dårlig	50-75 Middels	75-90 God	90-100 Meget god
D1	30,44	6,4	16,2	32,3	25,8	19,3
D2	9,47	28,0	42,2	19,2	10,6	0
D4	36,09	2,8	22,2	41,7	22,2	11,1
D5	29,19	8,2	20,6	54,8	13,0	3,4
D6	15,21	19,7	6,6	8,0	39,4	26,3
Total	120,40	8,8	19,0	36,7	23,1	12,4

Tabell 1 Fjellkvalitet klassifisert ved RQD-verdi i % av total kjernelengde.

Bergartsfordeling i borhullene er samlet i tabell 2.

Hull	Kjernelengde	Prosentfordeling etter bergarter				
		kalk- stein	knolle- kalk	kalk- holdig skifer	leir- skifer	eruptiv- gang
D1	30,92	0	72,2	11,6	0	16,2
D2	9,47	0	0	67,4	0	32,6
D3	1,31	0	0	0	0	100,0
D4	37,09	42,2	32,0	0	0	25,8
D5	29,19	1,0	0	13,3	85,7	0
D6	15,21	43,9	3,4	38,2	14,5	0
D6B	1,53	0	0	100,0	0	0
Total	124,72	18,2	27,8	17,0	21,8	15,2

Tabell 2 Bergartsfordeling i % av total kjernelengde.

Den geologiske beskrivelsen av kjernene er foretatt på grunnlag av kjerneundersøkelser fremstilt på tegning nr. 05, 06, 07, 08 og 09. Sleppematerialet er for det meste vasket bort under boringen, men noe materiale vil likevel ble undersøkt ved røntgenundersøkelse. Soner av betydning er registrert i borkjernebeskrivelsen.

### Vanngjennomgangsmålinger

Vanngjennomgangsmålinger gir gode indikasjoner på karakteren av eventuelle slepper og sprekker. Høy lekkasje, samtidig med relativt lav sprekkefrekvens eller høy RQD, tyder på åpne sprekker, f.eks. i faste bergarter. Lav lekkasje, samtidig med høy sprekkefrekvens, tyder på lukkete eller leirfylte sprekker, f.eks. i mer plastiske bergarter.

Vanngjennomgangsmålinger er utført i alle borhull i takt med boringene. Prøvene er foretatt i 3 m intervaller mellom borhullsbunn og gummipakninger plassert ca. 3 m over bunnen. Ved hull 1 og 2 er vanngjennomgangsmålingene utført etter at hullet er boret, og da med dobbelte gummipakninger med 3 m avstand, og målt i 3 m intervaller. Pumpetrykket skal fortrinnsvis holdes på 10 kp/cm<sup>2</sup>, da vanngjennomgangstall vanligvis uttrykkes i Lugeon som gir vannstrøm i liter pr. minutt pr. meter borhull under konstant trykk 10 kp/cm<sup>2</sup>. I disse borhull har pumpekapasiteten ikke vært stor nok til å holde 10 kp/cm<sup>2</sup>, men vanngjennomgangstallene er likevel omregnet til Lugeon-verdier.

Tabell 3 gir en oversikt over lekkasje i borhullene.

Hull	Kjernelengde	Vannlekkasje i Lugeon i % av kjernelengde			
		0	0-1	1-10	>10
1	30,92	0	29,1	29,1	41,8
2	9,10	0	0	36,3	63,7
4	37,09	0	0	16,2	83,7
5	29,19	61,0	20,5	10,3	8,2
6	14,71	0	19,9	40,9	39,2
Total	121,01	14,7	7,4	27,5	50,4

Tabell 3 Klassifisering av vannlekkasje i Lugeon i % av total kjernelengde.

Resultatene viser at vannlekkasjen er høy. Helst 50,4% av 121 m har en lekkasje større enn 10 Lugeon, og det vesentligste av resten har en lekkasje på mellom 1 og 10 Lugeon.

Da disse hullene er boret vesentlig i det som kan kalles dagfjell, er lekkasjene omtrent som en kan vente. Tegningene viser imidlertid at lekkasjene avtar i dybden. Et hull, D5, viser ingen lekkasje i dybden, samtidig med at borkjernene viser høye sprekkefrekvenser. Hullet står i kalkskifer, hvor det er funnet flere bentonittlag. Tettheten skyldes derfor ventelig dels leirfyllinger, dels at kalkskiferen er relativt plastisk så sprekke er lukket.

#### VI BESKRIVELSE AV TRASEEN

Tunnelen Frantzebråten - Bestun vil være ca. 1,3 km lang.

##### 0-320 m, retning N78Ø

De første 260 m synes å følge en eruptivgang (syenittgang) med varierende mektighet. Den synes imidlertid å være ganske smal i dette området. En må derfor regne med ganske oppsprukket fjell.

Kryssingen av Drammensveien skjer på tvers av en renne NØ-SV med meget liten fjelloverdekning. Sondérboringer viser fjellkoter på fra 9,1 m like vest for den opptrukne trasé. De seismiske målinger viser laveste fjellkote på 8 m like øst for traséen. Langs den valgte trasé viser sondérboringer laveste fjellkote. Det må regnes med stabilitets- og drenasjeproblemer ved denne kryssing. På grunn av litt divergerende resultater fra de seismiske målinger og sondérboringer, er det foretatt supplerende undersøkelser med kjerneboringer både for å bestemme fjellkote og fjellkvalitet. Kjerneboringene hull D2 og D3 viser fjellkoter på 10 m ved borhull D3, og ca. 10,5 m ved D2.

320-890 m, retning N40<sup>g</sup>Ø

Traséen danner her en spiss vinkel ca. 10<sup>g</sup> med lagenes strøkretning, og krysser et ukjent antall eruptivganger. Løsmasseoverdekningen synes å være moderat. Den ligger for det meste av strekningen på 0,5 m. Noen mindre partier har løsmassemektigheter opp mot 10 m. Området har, forholdsvis spredt villabebyggelse. Det bør undersøkes hvorvidt denne er fundamentert på løsmasser, men det vil sannsynligvis ikke være særlig fare for setningsskader eller større vanninntrengning på strekningen.

Svakhetssonene omkring pel 430-450, og pel 485-515, viser usedvanlig lave seismiske hastigheter, og må forventes å gi visse stabilitetsproblemer. Hull D4, som er boret ved pel 435, viser gjennomgående store lekkasjer og meget varierende fjellkvalitet. Hull D5 viser at tunnelen på denne strekningen vil krysse de tidligere nevnte bentonittlag som er observert i et antall av 17 i en borhullslengde på 16-17 m. Røntgenundersøkelse på disse bentonittlag viser bare spor av svellende mineraler. Da traséen her har en spiss vinkel til lagdelingen, må en regne med dårlige fjellforhold for større deler av tunnelen mellom pel 550 og 650.

890-1310 m, retning N85<sup>g</sup>Ø

Traséen vil de første 30-40 m gå gjennom sedimenter, den vil så krysse en større N-S-gående syenittgang i 50-60 m lengde. På grunn av overdekninger har en ikke kunnet lokalisere flere eruptivganger, men de er sannsynligvis til stede, se geologisk kart på fig. 01.

Like øst for den store syenittgangen er det et dypere parti med løsmasser med mektigheter større enn 10 m. Dette basseng strekker seg sannsynligvis noe nord-nordøstover. Fjelloverdekningen over tunnelen er ganske beskjeden. På grunnlag av utførte sonderboringer er den opprinnelige traséen flyttet noe sydover. Kjerneboringer viser at den laveste fjellkoten er 14 m.o.h. Det bør derfor her regnes med forinjisering av

tunnelen på en viss strekning for å sikre mot vanninntrengning, setningsskader og stabilitetsproblemer.

Fra ca. 1310 m går tunnelen ut i løsmasser for dyprennen i forbindelse med Mærradalsforkastningen.

## VII INGENIØRMESSIGE VURDERINGER

I det følgende gis en kort oversikt over hvilke tetnings- og sikringsmetoder som kan komme til anvendelse, og antatt omfang av sikringsarbeid, samt en omtale av anvendbarhet av sprengsteinen.

### Tetningsmetoder

De aktuelle tetningstiltak vil dreie seg om injeksjon og betongutforinger. Hvilke tetningsmetoder som skal anvendes avhenger av lekkasjesituasjonen og formålet med tetningen.

Tetning for å unngå grunnvanns- eller poretrykkssenkninger bør helst foretas på forhånd før tunnelen drives gjennom lekkasjeområdet, dvs. ved såkalte forinjiseringer.

Forinjiseringer er ofte hensiktsmessig også når det gjelder å hindre vanninnbrudd som kan forstyrre tunnelarbeidene eller tunnelens funksjon, men disse tetningsformål kan også, hvis det etter omstendighetene finnes hensiktsmessig, dekket ved utstøpninger og/eller etterinjeksjoner. Selve arbeidsutførelsen med tetningsarbeider skal det ikke gås nærmere inn på her. Det kan likevel nevnes at forinjeksjoner må foretas så langt utenfor tunnellivet at den etablerte tetning ikke sprekker opp ved tunnelsprengningene, og at det, avhengig av grunnforhold, sprekkekarakter og tetthetskrav, ofte vil være nødvendig å supplere sementinjeksjoner med kjemiske injeksjoner.

### Sikringsmetoder

Selv om de forannevnte tetningsmetoder som regel også vil ha en stabiliserende effekt på tunnelen, vil de mest aktuelle

metoder for sikring av stabiliteten være bolting, sprøytebetong eller støpebetong, og kombinasjoner av disse.

Under de herskende forhold vil antakelig bolting supplert med sprøytebetong på særlig oppsprukne partier i alminnelighet være mest hensiktsmessig.

Bare i særskilt begrensede tilfelle vil full utstøpning være nødvendig, f.eks. ved krysning av rennen under Drammensveien, og ved Bakkeveien like øst for den store syenittporfyrgangen.

Forhåndsanslag over hvilke omfang de ulike sikringsarbeider vil få må bli høyst usikre. På lengdeprofilet, tegning nr. 03, er forsøkt å gi en indikasjon på hvor de forskjellige tetnings- og stabilitetsproblemer mest sannsynlig vil oppstå. Antatt samlet lengde av hver kategori er angitt i % av tunnellengden,

Stabilitetssikring (bolting, sprøytebetong, støpebetong): 20-25%

Lekkasjesikring (forinjisering, etterinjisering og utstøpning): 5-10%

#### Anvendbarhet av tunnelstein

Sedimentbergartene vil være av sterkt blandet kvalitet. Kalksteinen kan være brukbar til de fleste formål inklusive pukk-fremstilling, mens leirskiferen nærmest bare vil egne seg til fyllmasser.

Eruptivgangenes bergarter, særlig diabas, vil kunne gi bra pukk, men forekomstene vil være såpass små at de neppe får særlig betydning.

### VIII RENSEANLEGG FRANTZEBRÅTEN

På grunnlag av en foreløpig tegning fra OVK av 22. november 1972, har en vurdert muligheten av å legge et renseanlegg i fjell under kollen ved Frantzebråten. Det disponible område er topografisk sterkt begrenset.

De geologiske forhold er ikke helt uten problemer, da et par større ~~syenitt~~<sup>diabas</sup> ganger kommer inn i denne kollen, se tegning nr. 04. På grunnlag av observasjoner i skjæring mot Drammensveien synes den vesentligste gangen å ha en uregelmessig grense mot sidebergarten. Erfaring tilsier også at grensesonen mellom en ~~syenitt~~<sup>diabas</sup> gang og sedimentbergartene ofte er meget oppsprukket med leire på sprekken. Kjerneborhull D1 viser at syenitten er meget oppsprukket og vanngjennomslipelig på stedet. Ut fra de observasjoner en har gjort, synes det derfor mer gunstig å plassere hallen vestenfor den store syenittgangen. Tegning nr. 04 viser plan og snitt ved en slik plassering.

Fjelloverdekningen over hallen vil bli ca. 10 m på det minste. Da spennvidden er 16 m, samtidig som innspenningsforholdene for berghvelvet må forventes å være dårlige, vil hallen måtte sprenges ut med forsiktighet, og berghvelvet sikres, antakelig i takt med sprengningsarbeidene. Hele anlegget blir liggende i såkalt dagfjell, som har relativ sterk oppsprekning med åpne sprekker. Det må derfor regnes med utstrakt stabilitets-sikring med bolter og sprøytebetong. I tillegg må en regne med å måtte sikre mot inntrengning av overflatevann. Da løsmasseoverdekningen er sparsom, og kollen sannsynligvis godt drenert på forhånd, vil det ikke være fare for setningsskader på bebyggelsen i området.

## IX FULLBORING, VIDERE UNDERSØKELSER

Et siktepunkt med kjerneboringene har vært å skaffe noen grunnlagsdata for vurdering av fjellforholdene med henblikk på eventuell bruk av fullboringsmaskin for driving av tunnelen. Det dreier seg om laboratorieundersøkelser av kjernematerialet. Resultatet av disse undersøkelser vil bli gitt i egen rapport.

Instituttet har ikke særlig forutsetning for å vurdere muligheten for fullboring på det nåværende grunnlag. Det springende punkt synes å være hvorvidt dagens fullboringsmaskiner vil være effektive nok i så sterkt varierende og blandede fjellforhold som traséen byr på. Ikke bare krysser traséene mektige eruptivganger med relativt mye hardere bergarter enn sedimentene, den løper også i det vesentlige tilnærmet parallelt med strøket, som er en av hovedretningene for mindre eruptivganger. Derved kan slike ganger berøre tunnelen over lengre strekninger. Tunnelstuppen vil derved kunne bestå av harde og relativt bløte bergarter om hverandre, noe som kan vanskeliggjøre og fordyre fullboringsdrift. En annen vanskelighet kan være kombinasjon av fullboring og forinjeksjoner hvor dette skulle vise seg nødvendig, men det skal finnes maskiner hvor dette problem sies å være løst teknisk. Et annet spørsmål er hvorvidt en slik kombinasjon vil være økonomisk.

De ytre forhold, så som startmuligheter ved Frantzebraaten og traséens kurvatur, synes å ligge vel til rette for fullboringsdrift.

## X SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Rapporten omhandler de geologiske og hydrogeologiske forhold ved tunneltrasé Frantzebraaten - Bestun, og renseanlegg ved Frantzebraaten.

Tunnelen vil for det meste gå i ordoviciske sedimentbergarter, og krysse en mengde ganger av permiske eruptivbergarter. De

seismiske målinger og kjerneboringer viser at tunnelen over lengre partier får relativt lite fjelldekning, og vil gå gjennom oppsprukket dagfjell, med forholdsvis dårlige stabilitetsforhold. I tillegg vil det også være forholdsvis store lekkasjeproblemer.

Disse forhold vil kreve betydelige sikringsarbeider. De mest aktuelle sikringsmetoder når det gjelder stabiliteten vil være bolting og sprøytebetong, men stedvis også full utstøpning. Anslagsvis 25% av tunnel lengden vil kreve slike sikringsarbeider.

Tetning for å unngå skadelige setninger vil kreve forinjisering, ellers kan også etterinjeksjon være aktuelt. Det er anslått at ca. 10% av tunnel lengden vil kreve sikring mot lekkasjer.

Renseanlegg i fjell ved Frantzebråten bør legges vest for en større syenittgang. Anlegget blir likevel liggende i relativt sterkt oppsprukket fjell, og med liten overdekning. Hallen vil måtte sprenges ut med forsiktighet, og hvelvet sikres, antakelig i takt med sprengningsarbeidene.

Når det gjelder forholdene for eventuell fullboring av tunnelen, er det klart at tunnelen over hele strekningen berøres av eruptivganger. Tunnelstuffen vil således by på harde og relativt bløte bergarter om hverandre, noe som kan vanskeliggjøre og fordyre en fullboringsdrift. En annen fordyrelse og mulig komplikasjon er behovet for forinjiseringer. Adkomstforhold og traséføring synes imidlertid å ligge vel til rette for fullboringsdrift.

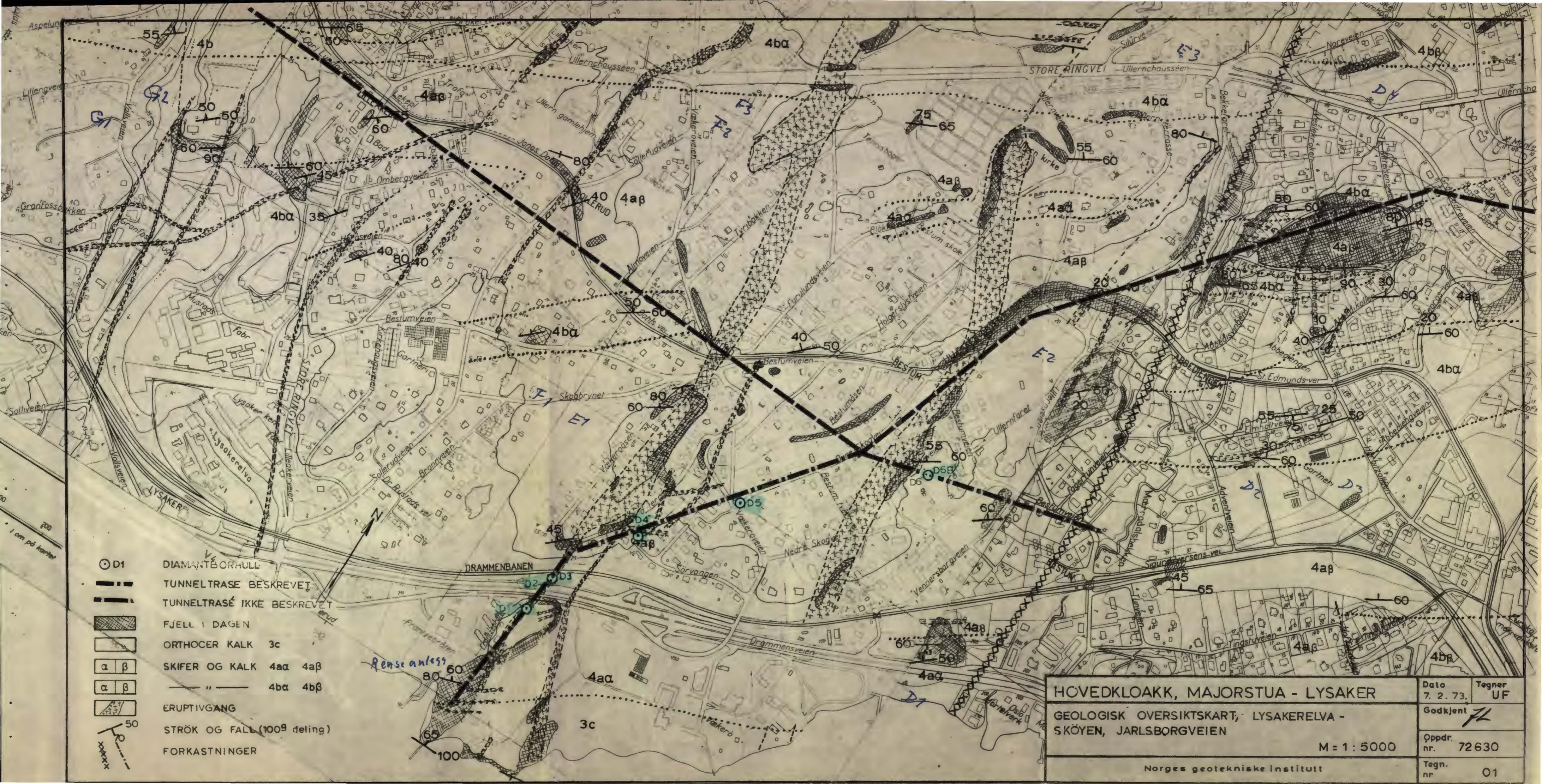
Forøvrig må mulighetene for fullboring vurderes ut fra resultatene av laboratorieundersøkelser på borkjerneprøver. Disse resultater vil bli lagt frem i egen rapport.

for NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

*Bjørn Kjærnsli*  
Bjørn Kjærnsli

JL/UF/wt

*Johnny Lunde*  
Johnny Lunde



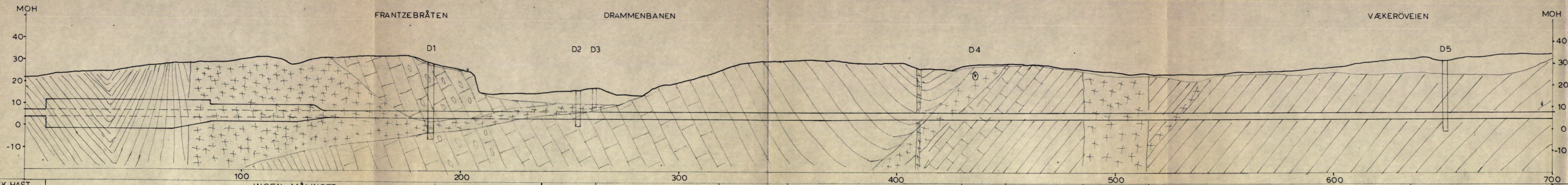
- ⊙ D1 DIAMANTBORHULL
- — — TUNNELTRASE BESKREVET
- - - TUNNELTRASE IKKE BESKREVET
- ▨ FJELL I DAGEN
- ORTHOCER KALK 3c
- α β SKIFER OG KALK 4aα 4aβ
- α β " " 4bα 4bβ
- ▨ ERUPTIVGANG
- ↖ 50 STRÖK OG FALL (100<sup>9</sup> deling)
- ⊗ FORKASTNINGER

HØVEDKLOAKK, MAJORSTUA - LYSAKER		Dato	Tegner
GEOLOGISK OVERSIKTSKART, LYSAKERELVA - SKØYEN, JARLSBORGVEIEN		7. 2. 73.	UF
M = 1 : 5000		Godkjent	
		Oppdr. nr.	72 630
		Tegn. nr.	01
Norges geotekniske institutt			

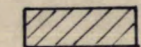
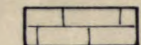
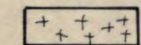



- TUNNELTRÅSE BESKREVET
- TUNNELTRÅSE IKKE BESKREVET
- FJELL I DAGEN
- LÖSMASSEMEKTIGHET < 5 m
- 5-10 m
- 10-20 m
- > 20 m

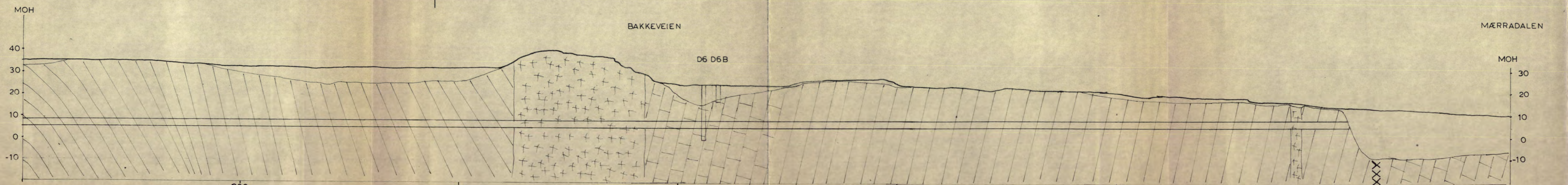
HOVEDKLOAKK, MAJORSTUA - LYSAKER		Dato	Tegner
LÖSMASSEKART, LYSAKERELVA - SKÖYEN, JARLSBORGVEIEN		6.2.73	UF
M = 1:5000		Godkjent	<i>[Signature]</i>
		Oppdr. nr.	72630
		Tegn. nr.	02
Norges geotekniske Institutt			



TEGNFORKLARING:

-  KALKHOLDIG SKIFER
-  KALK
-  ERUPTIVGANG
- D1  KNEKKPUNKT

SEISMISK HAST.		100	200	300	400	500	600	700	
STABILITETSSIKR.									
LEKKASJESIKR.									
ETASJE		INGEN MÅLINGER							
		SPESIELLE SIKRINGSTILTAK							
		4aα		4aβ		?		4bα	

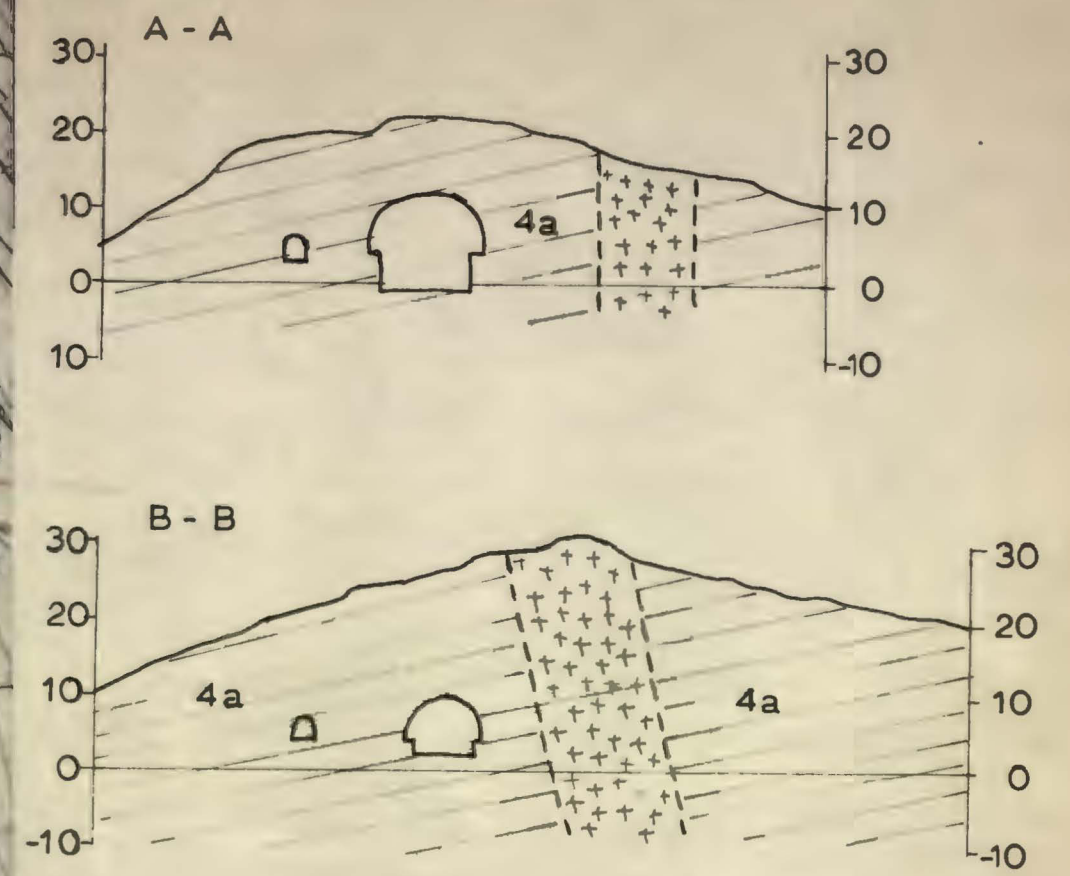


SEISM. HAST.	3900	5000	4300	800	4500	4300	900	1000	3500	5400	5100	1100	1200	1300	5400	
STAB. SIKR.																
LEKK. SIKR.															ca 23 %	ca 10 %
ETASJE															STABILITETSSIKRING	LEKKASJESIKRING
															4aβ	

HOVEDKLOAKK - OSLO		Dato	23.1.73	Tegner	UF
GEOLOGISK PROFIL		Godkjent			
FRANTZEBRÅTEN - BESTUN		M = 1 : 1000	Oppdr. nr.	72630	
Norges geotekniske institutt		Tegn. nr.	03		



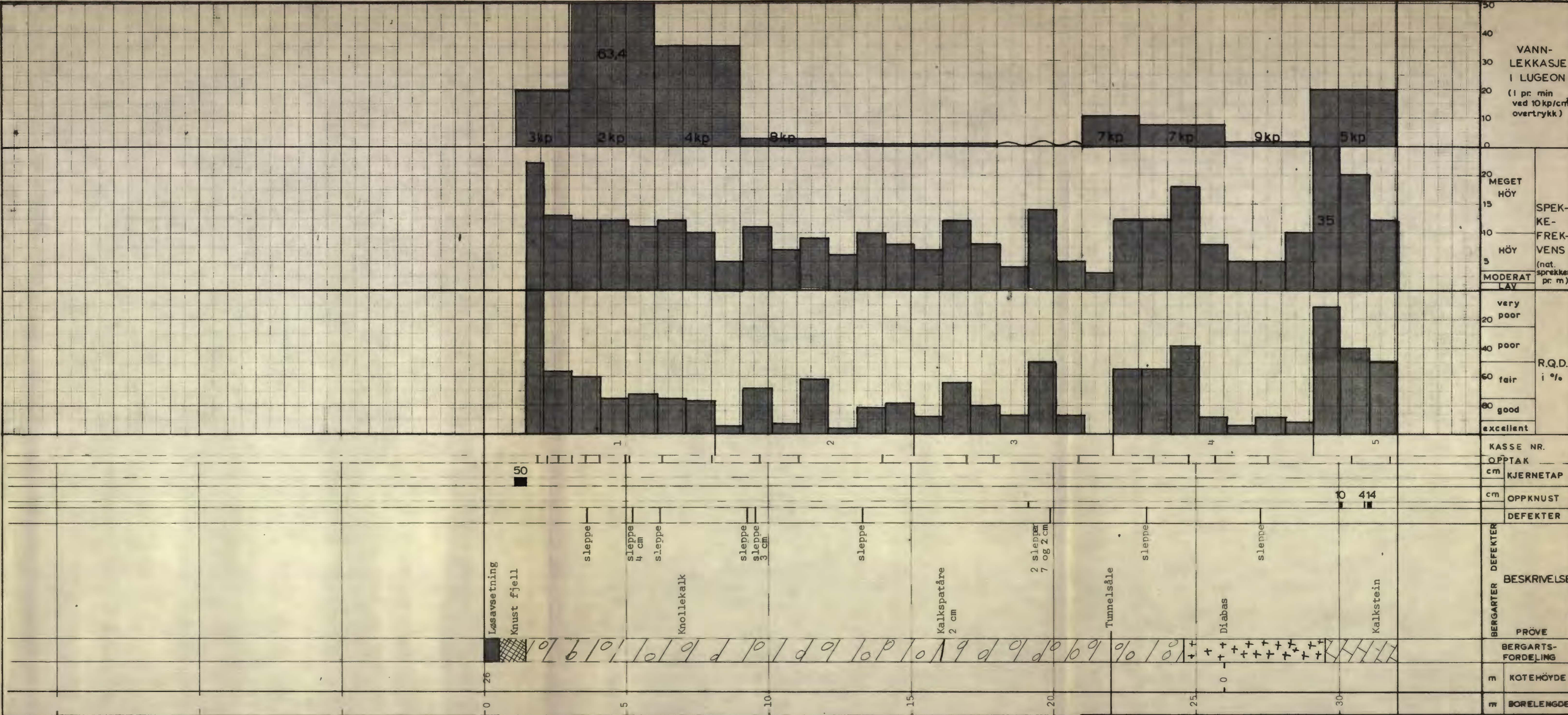
SNITT GJENNOM RENSEANLEGG



TEGNFORKLARING:

- KALKHOLDIG SKIFER 4aα
- KALK 3c
- ERUPTIVGANGER
- xxx xxx FORKASTNING - USIKKER
- ..... BERGARTSGRENSE
- 70/30 STRÖK OG FALL (100<sup>9</sup> deling)
- RENSEANLEGG

HOVEDKLOAKK, MAJORSTUA - LYSAKER		Dato 13. 2. 73	Tegner UF
RENSEANLEGG FRANTZEBRÅTEN. GEOLOGISK KART MED SNITT		Godkjent	
M=1:1000		Oppdr. nr. 72630	
Norges geotekniske institutt		Tegn. nr.	04



- KNOLLEKALK (LEIRSKIFER MED KALKBOLLER)
- ERUPTIVGANG
- KALKSTEIN
- VANNLEKKASJE 0-1 Lugeon

**HOVEDKLOAKK, MAJORSTUA - LYSAKER**

Date 21. 2. 73 Tegner UF

Godkjent

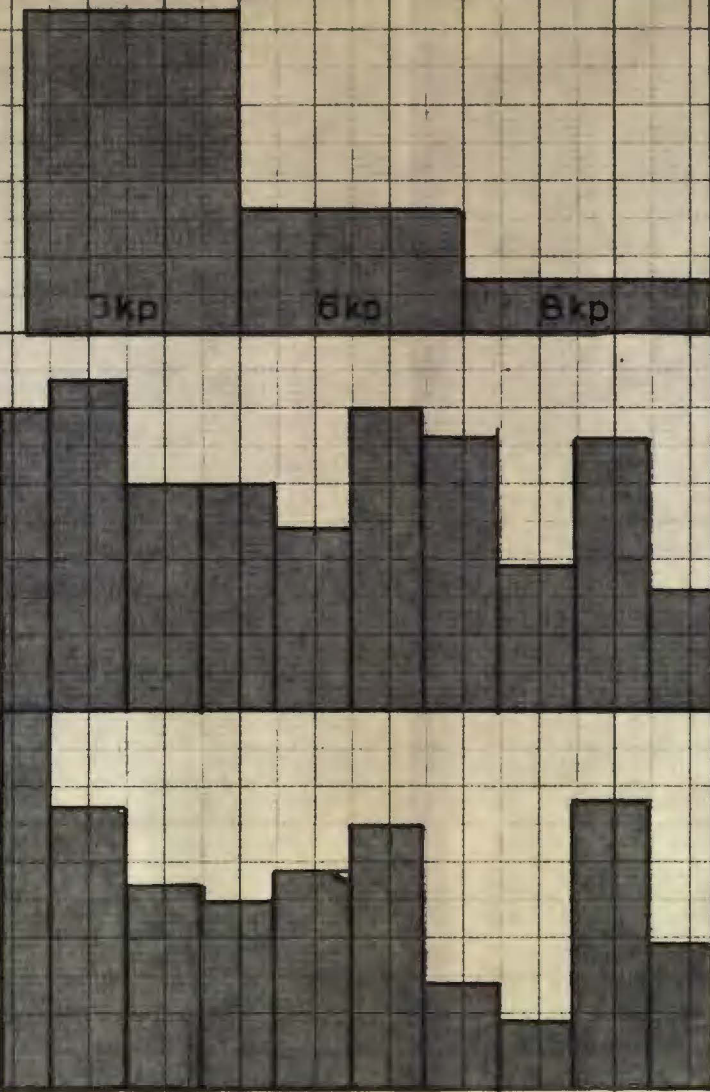
BORKJERNEBESKRIVELSE. HULL D1 342N Oppdr. nr. 72630

Norges Geotekniske Institutt NVE1-3 Tegnr. nr. 05

VANN-LEKKASJE I LUGEON  
(1 pr. min ved 10 kp/cm<sup>2</sup> overtrykk)

MEGET HÖY  
HÖY  
MODERAT LÄV  
very poor  
poor  
fair  
good  
excellent

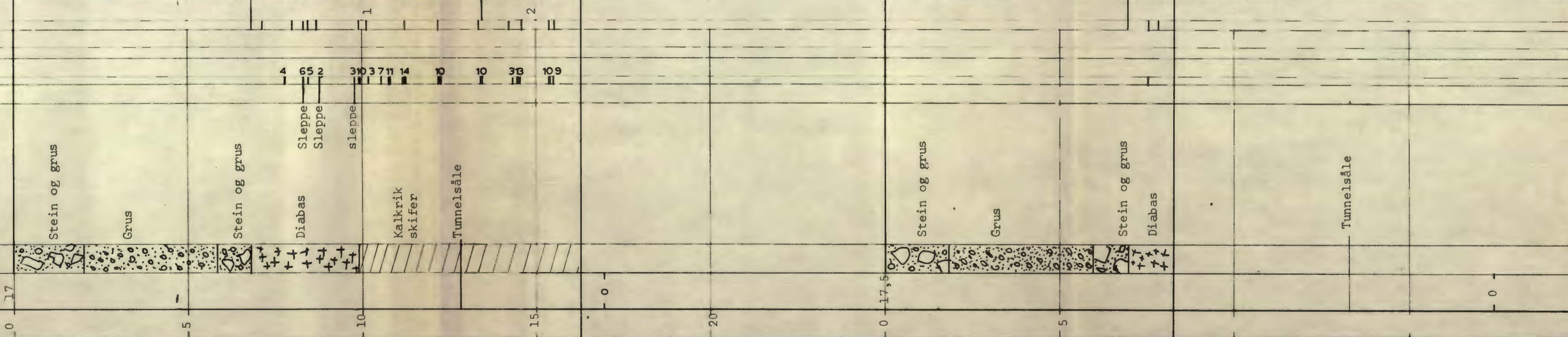
SPEKKE-FREKVENSENS (nat. sprekker pr. m)  
R.Q.D. i %



KASSE NR.  
OPPTAK  
cm KJERNETAP  
cm OPPKNUST  
DEFEKTER

BERGARTER  
DEFEKTER  
BESKRIVELSE  
PRÖVE

BERGARTS-FORDELING  
m KOTEHÖYDE  
m BORELENGDE



ERUPTIVGANG  
KALKHOLDIG LEIRSKIFER

HOVEDKLOAKK, MAJORSTUA - LYSAKER

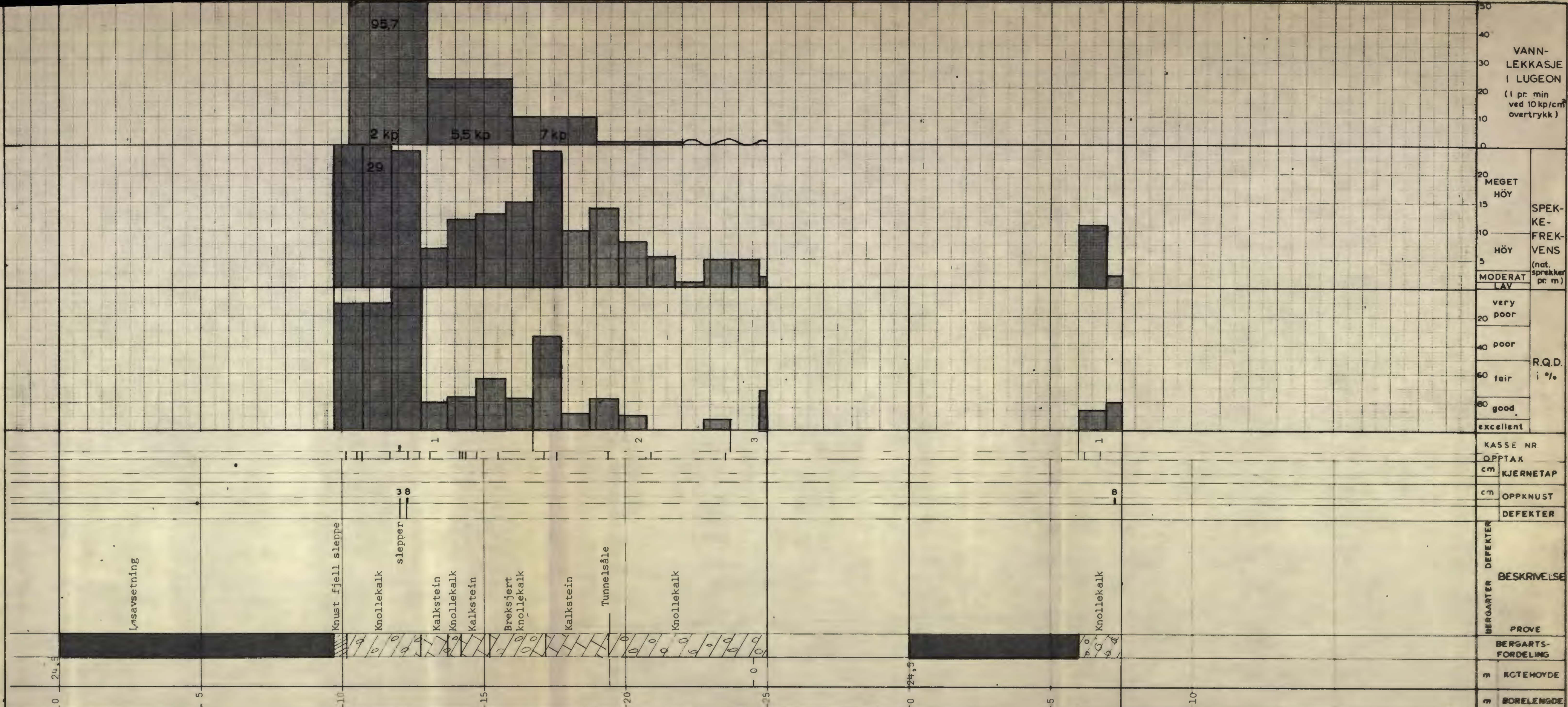
BORKJERNEBESKRIVELSE. HULL D2, D3

Dato 21. 2. 73. Tegner UF  
Godkjent  
Oppdr. nr. 72630  
Tegn. nr. 06

Norges Geotekniske Institutt  
343N  
NV81-3  
(Ett. symbol)







VANN-LEKKASJE I LUGEON  
(1 pr. min ved 10 kp/cm<sup>2</sup> overtrykk)

MEGET HÖY  
HÖY  
MODERAT LAV  
very poor  
poor  
fair  
good  
excellent

SPEKKE-FREKVENS (nat. sprekker pr. m)  
R.Q.D. i %

KASSE NR  
OPPTAK cm  
KJERNETAP cm  
OPPKNUST  
DEFEKTER  
BERGARTER DEFEKTER  
BESKRIVELSE  
PROVE  
BERGARTSFORDELING m  
KOTEHOYDE m  
BORELENGDE m

- KNOLLEKALK (LEIRSKIFER MED KALKBOLLER)
- KALKSTEIN
- LEKKASJE 0-1 Lugeon

HOVEDKLOAKK, MAJORSTUA - LYSAKER

BORKJERNEBESKRIVELSE. HULL 6 og 6B

Norges Geotekniske Institutt

Dato 22 2 73 Tegner UF

Godkjent

Oppdr nr 72 630

Tegn nr 09

*2064 NVE2-2*

R-1065

~~Side 6-12 g 13  
byttet.~~

NV, D-E-F-2, D

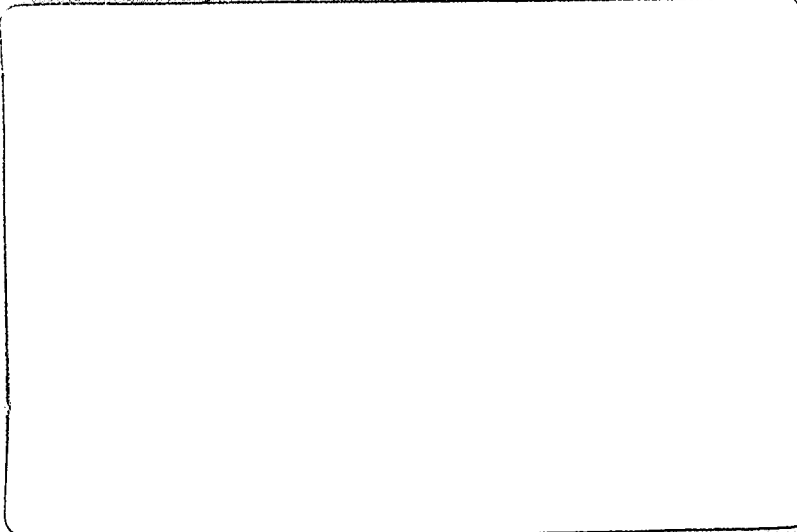
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT  
Norwegian Geotechnical Institute

R-1065

Side 6-12 g 13  
byttet.

NV,D-E-F-2,D-3

NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT  
Norwegian Geotechnical Institute



FORSKNINGSVEIEN 1, OSLO 3 — TLF. 69 58 80

Tilhører Undergrunnskarterverket  
Må ikke fjernes

OSLO VANN OG KLOAKKESYSTEM  
01025 29. 3. 73  
MAPPE

**NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT**  
*Norwegian Geotechnical Institute*

Hovedkloakk Majorstuen - Lysaker.  
Grunnundersøkelser.  
Strekning Lysakerelva - Øvre Skogvei.

72630-2

26. mars 1973

FORSKNINGSVEIEN 1, OSLO 3 — TLF. 69 58 80

Tegninger:

- Nr. 01 - Geologisk oversiktskart.  
Lysakerelva-Skøyen, Jarlsborgveien.
- " 02 - Løsmassekant.  
Lysakerelva-Skøyen, Jarlsborgveien.
- " 10 - Geologisk profil.  
Lysakerelva-Øvre Skogvei.

INNHALDSFORTEGNELSE:

	Side
I Innledning .....	1
II Geologisk oversikt .....	1
III Løsmasser .....	5
IV Grunnforhold .....	6
V Spesielle undersøkelser .....	9
VI Beskrivelse av traséen .....	9
VII Ingeniørmessige vurderinger .....	11
VIII Fullboringer, videre undersøkelser .....	12
IX Sammendrag og konklusjon .....	13

## I INNLEDNING

Fra Oslo kommune, Geoteknisk kontor, har Norges geotekniske institutt fått i oppdrag å foreta en geologisk kartlegging og ingeniørgeologisk vurdering av traséer for hovedkloakk-tunneler mellom Majorstuen og Lysaker. Delstrekninger er av Geoteknisk kontor prioritert slik:

1. Tunnel Franzebråten - Mærradalsbekken inklusive renseanlegg i fjell.
2. Tunnel Lysaker - Bestum.
3. Tunnel Mærradalsbekken - Majorstuen.

Denne rapporten omfatter delstrekning 2. Delstrekning 1 er allerede behandlet i rapport 72630-1 datert 2. mars 1973, og delstrekning 3 vil bli behandlet i en senere rapport.

Rapporten bygger på foreliggende kartmateriale, geologiske markundersøkelser, seismiske målinger og dels sonderboringer. Dessuten er det samlet tilgjengelige erfaringer fra grunnundersøkelser og tunnelarbeider i omliggende områder.

Feltarbeidet er utført av siv.ing. U. Fredriksen, som også har vært med på utarbeidelsen av rapporten.

## II GEOLOGISK OVERSIKT

Bergartene innen det aktuelle området stammer fra to tids-epoker, og består av kambrosiluriske sedimentbergarter og permiske gangbergarter. Det geologiske kartet, fig. 01, bygger på geologiske befaringer i området, og på manuskriptkart samlet av Bockelie ved Geologisk Museum.

Fjelloverflaten er kupert, og depresjonene er delvis fylt med løsmasser, vesentlig leire som er avsatt i havet etter istiden da havnivået var høyere enn i dag. Tegning nr. 02 gir en oversikt over løsmassene opptegnet på grunnlag av tilgjengelige grunnundersøkelser, boringer og seismiske målinger.

### Kambrosilur

Dette er lagdelte sedimentbergarter som består av kalk, leirskifer og sandstein. Bergartene er foldet omkring en akse NØ-SV, og skifriheten har derfor en strøkretning NØ-SV. Fallet er enten NV eller SØ og varierer med foldingene fra vertikalt til horisontalt.

Sedimentbergartene i det aktuelle området er fra midtre og øvre ordovicium, som har en lagserietykkelse ca. 310-435 m. Bergartene her er vekslende kalk- og leirskiferlag. Tykkelsen på de enkelte kalk- og skiferlag er ofte bare noen få cm. Karakteristisk for avdelingen er såkalt knollekalk, kalken forekommer her i knoller, for det meste i størrelse 10 cm med skifer mellom. Mengdeforholdet mellom skifer og kalk varierer.

På det geologiske kartet er de sedimentære lag skilt ved etasjebetegnelse. Bergartenes sprengningstekniske egenskaper er tilnærmet de samme gjennom hele lagrekken, det er derfor ikke så påkrevet å skille skifer og kalk i lagrekken. Lagrekken som kan ventes langs tunneltraséen består av følgende bergarter:

Etasje	Latinsk navn	Blottlagt i dagen andre steder i Oslo
4c $\gamma$	Øvre Trinucleus skifer	Øyene i Bunnefjorden
4c $\beta$	Trinucleus kalk	Rodeløkken på Bygdøy
4c $\alpha$	Undre trinucleus skifer	Rodeløkken på Bygdøy
4b $\delta$	Øvre Chasmops kalk	Rodeløkken på Bygdøy
4b $\gamma$	Øvre Chasmops skifer	Gyldenløvesgt. under Ciro
4b $\beta$	Undre Chasmops kalk	Gyldenløvesgt. under Ciro
4b $\alpha$	Undre Chasmops skifer	Gyldenløvesgt. og Abelhaugen
4a $\beta$	Ampyx kalk	Nord for Maridalsvn. 14 og Abelhaugen
4a $\alpha$	Ogygiocaris skifer	Maridalsveien (ved tilfluktsrom og ved Huk på Bygdøy)
3c	Orthocer kalk	Maridalsveien (ved tilfluktsrom og ved Huk på Bygdøy)
3b	Undre Didymograptus skifer	Ved Huk på Bygdøy

Spesielt kan nevnes at det under kartleggingen av NSB-tunnelen og fra tidligere kartlegging er funnet tynne sleppesoner parallelt lagdelingen i bergarter fra etasje 4b $\alpha$ . Dette er gamle vulkanske askelag som inneholder svellende leirmineraler (bentonitt). 4b er sammen med 4a de mest utbredte lag i området for tunneltraséen.

#### Permiske bergarter

De permiske bergartene er eruptive og opptrer som gangbergarter i kambrosiluren. Gangene er tallrike, og sannsynligvis er det mange flere enn de som er registrert på det geologiske kartet.

I hovedsaken er det to systemer av eruptivganger. Det ene har retning ca. N-S og står steilt. Det andre følger strøketretningen, og står vanligvis noe steilere enn lagene. De fleste gangene er tynne, fra under 1 meter og opptil noen få meter. Det finnes imidlertid noen ganger med betydelig mektighet (10-20 meter).

Gangene har forskjellig sammensetning. De hyppigste er diabas- og mænaittganger.

Mænaittgangene er de eldste, og disse gangene går som regel parallelt skiferlagene. Mænaitten er en lys feltspatbergart (Na-rik feltspat).

Rombeporfyr-gangene kom noe senere. Disse gangene, som kan være 10-20 meter brede, opptrer i steiltstående spalter.

Begge disse bergartstyper har skarpe overganger til sidebergarten uten særlig oppsprekking og leirmineralisering.

Syenittgangene er i det vesentlige orientert NØ-SV, men i det aktuelle området er det spesielt et par større N-S-gående, steile syenittganger med mektighet opp til ca. 50 meter.

Diabasgangene er de sist opptredende. De er steile, for det meste N-S-orienterte ganger med bredde fra 0.5 til 3 meter.

Disse to siste gangtypene ledsages gjerne av oppknuste områder i sideberget, ofte med kloritt og leirmineraler i sleppene.

#### Tektonikk

Detaljoppsprekningen i de lagdelte bergartene har følgende hovedretninger (strøk/fall):

1. N170-185<sup>g</sup>/steil. Denne retningen er nesten vinkelrett på bergartenes strøkretning. Sprekkeskillettheten kan i leirskifer gå opp i 10-15 pr. meter. I kalkstein kan sprekkene opptre enkeltvis og være gangske utholdende.

2. N50-70<sup>g</sup>/10-20<sup>g</sup> følger strøkretningen, men har slakere fall (falsk skifrihet). Sprekkeavstanden kan i leirskiferen gå ned i 1 cm avstand.
3. Skifrihetsplan (lagdelingen) N50-70/NV-SØ. Fallet varierer på grunn av folding.

I de eruptive bergarter er som regel sprekkemønsteret ganske uregelmessig, men for de N-S-gående gangene finnes ofte en hovedretning langs gangene.

De sedimentære bergarter er foldet med foldingsakse som følger strøket, og med svakt fall mot ØNØ. Skiferlagene mellom de kalkrike lag har under foldingen i mange tilfelle blitt intenst småfoldet, oppknust og sammenpresset av de stivere lagene. I enkelte tilfelle kan foldeprosessen ha vært så kraftig at lagene har brukket og bergartene er blitt skjøvet over hverandre. Langs glideflatene kan bergartene være sterkt tektonisk påvirket. Overskyvninger eller foldeforkastningene representerer svakhetssone som følger strøkretningen.

De tektoniske bevegelser i permisk tid resulterte i en rekke forkastninger og sprekker. Disse er tilnærmet vertikale, og går hovedsakelig nord-syd, og skjærer gjennom de lagdelte bergartene. På kartet er tegnet inn de kjente av disse forkastninger.

### III LØSMASSER

Løsmassekartet, tegning nr. 02, gir ikke noe klart mønster for mektigheten av avsetningene, men det generelle bildet er at fordypninger i strøkretningen har de største mektigheter. I tillegg danner forkastningssoner og større svakhetssoner bassenger med løsavsetninger.

Der det er en viss mektighet på massene, (>2-3 meter), vil disse i det vesentligste bestå av leire.

På grunnlag av de foretatte grunnundersøkelser er den omtrentlige mektighet på løsmassene inntegnet på kart, tegning nr. 02.

#### IV GRUNNFORHOLD

##### Stabilitetsforhold for tunnelene

Bergartene i området for tunnelene skulle generelt sett gi bra stabilitetsforhold for tunneler med små tverrsnitt, og, med den retning denne tunnelstrekning har, men dagfjellsonen vil kunne redusere stabiliteten over visse strekninger.

Et annet forhold av betydning for stabiliteten er oppsprekning og sleppesystemer som ofte forekommer i forbindelse med eruptivganger og forkastninger.

Tunnelen krysser et par større syenittganger og flere diabasganger. Sprekker og slepper i forbindelse med disse vil kunne inneholde leire, kloritt eller talkmineraler som vil føre til redusert stabilitet i tunnelen. Erfaringer fra tunneler i tilsvarende bergarter viser imidlertid at det ikke alltid behøver å være særlige stabilitetsproblemer ved disse gangene.

Større N-S-gående forkastningssoner, som f.eks. den som følger Mærradalsbekken, kan representere oppsprukne partier med leirfylte sprekker.

### Hydrogeologi

Bergartene i seg selv er så lite permeable at de i praksis kan ansees vanntette. Vannveiene gjennom bergmassene vil derfor være avhengig av oppsprekningen og spekke- og sleppe-materiallets karakter. Ved gjennomsettende og kommuniserende sprekker vil lekkasjen kunne virke over lange strekninger. I det følgende er skissert de hydrologiske egenskaper som kan forventes i formasjoner som finnes langs tunneltraséen. De erfaringstall for permeabilitet som angis skriver seg fra oppgaver gitt av Norsk Teknisk Byggekontroll på grunnlag av utførte undersøkelser for tunnel Holtekilen.

Kalk og leirskifer dominerer langs traséen. Disse bergarter er i alminnelighet tette, men de har ulike mekaniske og geologiske egenskaper innen lagrekken. De mest motstandsdyktige mot erosjon og forvitring står igjen som oppstikkende rygger i terrenget. Depresjonene representerer svakere bergarter eller andre svakhetssoner som kan gi økt permeabilitet.

Generelt kan en si at skifrene har liten permeabilitet på tvers av lagdelingen og større langsetter.

Forkastninger og sprekker, som går på tvers av lagdelingen og forbinder depresjonene med hverandre og med sprekken langs lagdelingen, vil derfor ha særlig stor betydning for lekkasjeforholdene.

Erfaringstall for utførte permeabilitetsmålinger i kambrosilurformasjonen har i Bærum vist følgende vanngjennomgangstall:

Uforvitret kalk/leirskifer ca. 0-2 Lugeon (liter/m/min. ved 10 kg/cm<sup>2</sup> vanntrykk)

Forvitret kalk/leirskifer ca. 30-80 Lugeon

Åpne slepper ca. 100 Lugeon

Syenittgangene er gjennomgående sterkt oppsprukket i et fint nettverk av uregelmessige sprekker, spesielt mot sidebergarten, og de vil være meget vannførende dersom de har forbindelse til et grunnvannsmagasin.

Erfaringstall for vanngjennomgang målt i tilsvarende syenittganger er fra 30-40 Lugeon generelt til ca. 140 Lugeon for åpne sprekker.

Diabasganger har gjennomgående mindre mektighet enn syenittgangene. Disse gangene er oppsprukket i et grovt mønster, og kan ha meget åpne og utholdende sprekker i grensesonen mot sidebergarten. Gangene er da meget vanngjennomslippelige og kan føre vann fra fjerntliggende depresjoner i terrenget.

Diabasgangene representerer derfor en fare for plutselige vanninnbrudd i tunnelen ved punktering der overgangen til sidebergarten ofte er meget skarp. Vanngjennomgangstallene for diabas er ofte meget store, og tilsvarer de åpne slepper i syenitt, det vil si opp mot 140 Lugeon.

Virkingen av vannlekkasjer i tunnelen kan inndeles i tre situasjonsbetingede kategorier, nemlig lekkasje som kan medføre grunnvannssenkning og dertil førende setningsskader og eventuelt andre skader, lekkasjer som kan hemme tunnelarbeidet og lekkasjer som er uønsket for tunnelens funksjon. I mange tilfelle vil naturligvis alle disse hensyn telle samtidig. De mulige botemidler vil avhenge av situasjonen. I de to første tilfellene vil tetning av berget ved forinjisering før tunnelene drives gjennom oftest være hensiktsmessig. I det siste kan tetning utføres også på senere stadier.

På bakgrunn av de foranstående hydrogeologiske forhold, foreligger det relativt stor risiko for senkning av grunnvannstanden og poretrykkene i grunnvannsbassengene i løsmassene omkring tunnelen. I løsmasser vil en senkning av porevannstrykket føre til tilsvarende økning av effektivtrykket (belastningen) i massen. Ved meget kompressible masser som leire, vil det da oppstå setninger hvis størrelse vil være avhengig av reduksjonen i poretrykkene og løsmassenes mektighet. Setninger som følge av drenerende virkning av en tunnel, kan derfor ofte bli betydelig selv om lekkasjen inn i tunnelen er relativt liten.

## V SPESIELLE UNDERSØKELSER

### Seismiske målinger

Seismiske målinger er utført av A/S Geoteam, rapport 3647.02 datert 19. januar 1973. Disse målingene indikerer fjellkonturen og relativ fjellkvalitet langs den opprinnelig tenkte trasé. Disse resultater er delvis prosjektert over på den endrede trasé. På profilet, tegning nr. 10, er det tatt med en del av resultatene.

Langs den opprinnelige traséen ble det på et sted registrert løsmasser ned til kote +2, og traséen er derfor forskjøvet ca. 230 m lenger nord ved Lysakerelven.

### Sonderboringer

Det er ikke foretatt boringer for denne del av prosjektet, men en bygger delvis på tidligere utførte sonderinger.

## VI BESKRIVELSE AV TRASEEN

Tunnelen Lysaker-Øvre Skogvei vil være ca. 1450 m lang. Tunnelsålen vil ligge i nivå ca. +4 til +5.5 m.o.h.

0-50 m retning N80<sup>g</sup>Ø

Skiferbergart fra etasje 4c med god fjelloverdekning.

50-1115 m retning N104<sup>g</sup>Ø

Traséen går gjennom vekslende lag kalk og skifer fra etasjene 4a og 4b. De tidligere nevnte bentonittlag vil sannsynligvis bli krysset på strekningen mellom 430 og 1050 m. En rekke smale eruptivganger, både diabas og mænaittganger, vil bli krysset slik at stedvis må en regne med oppknust fjell.

Løsmasseoverdekningen synes å være moderat, men kan stedvis gå opp mot 10 m. Med unntagelse for Lilleaker er det bare forholdsvis spredt villabebyggelse. Det bør undersøkes hvorvidt bebyggelsen er fundamentert på løsmasser, spesielt de større bygninger, som kan være sterkere utsatt for setnings-skader, bør undersøkes. Større fare for vanninntrengning langs traséen er det ikke, men de oppsprukne eruptivganger kan være vannførende.

1115-1160 m retning N104<sup>g</sup>Ø

Syenittporfyrgang av 30-50 m mektighet.

1160-1455 m retning N104<sup>g</sup>Ø

Vekslende skifer og kalklag med eruptivganger. Ved Øvre Skogvei er løsmasseoverdekningen ca. 10 m, ellers er denne moderat. Sannsynligvis vil det ikke være fare for setnings-skader, men bebyggelsen bør likevel undersøkes m.h.t. fundamentering.

Ganske stor fjelloverdekning langs hele traséen vil gi relativt bra stabilitet i tunnelen.

## VII INGENIØRMESSIGE VURDERINGER

I det følgende gis en kort oversikt over hvilke tetnings- og sikringsmetoder som kan komme til anvendelse, og antatt omfang av sikringsarbeid, samt en omtale av anvendbarhet av sprengsteinen.

### Tetningsmetoder

De aktuelle tetningstiltak vil dreie seg om injeksjon og betongutforinger. Hvilke tetningsmetoder som skal anvendes avhenger av lekkasjesituasjonen og formålet med tetningen.

Tetning for å unngå grunnvanns- eller poretrykkssenkninger bør helst foretas på forhånd før tunnelen drives gjennom lekkasjeområdet, det vil si ved såkalte forinjiseringer.

Forinjiseringer er ofte hensiktsmessig også når det gjelder å hindre vanninnbrudd som kan forstyrre tunnelarbeidene eller tunnelens funksjon, men disse tetningsformål kan også, hvis det etter omstendighetene finnes hensiktsmessig, dekkes ved utstøpninger og/eller etter injeksjoner. Selve arbeidsutførelsen med tetningsarbeider skal det ikke gås nærmere inn på her. Det kan likevel nevnes at forinjeksjoner må foretas så langt utenfor tunnelivet at den etablerte tetning ikke sprekker opp ved tunnelsprengningene, og at det, avhengig av grunnforhold, sprekkekarakter og tetthetskrav, ofte vil være nødvendig å supplere sementinjeksjoner med kjemiske injeksjoner.

### Sikringsmetoder

Selv om de forannevnte tetningsmetoder som regel også vil ha en stabiliserende effekt på tunnelen, vil de mest aktuelle metoder for sikring av stabiliteten være bolting, sprøytebetong eller støpebetong, og kombinasjoner av disse.

Under de herskende forhold vil antakelig bolting supplert med sprøytebetong på særlig oppsprukne partier i alminnelighet være mest hensiktsmessig.

Bare i særskilt begrensede tilfelle vil full utstøpning være nødvendig.

Forhåndsanslag over hvilke omfang de ulike sirkingsarbeider vil få, må bli høyst usikre. På lengdeprofilen, tegning nr. 10 er gitt en indikasjon på hvor de forskjellige tetnings- og stabilitetsproblemer mest sannsynlig vil oppstå. Antatt samlet lengde av hver kategori er angitt i % av tunnellengden.

Stabilitetssikring (bolting, sprøytebetong, støpebetong):

10 %.

Lekkasjesikring (forinjisering, etterinjisering og utstøpning):

7 %.

#### Anvendbarhet av tunnelstein

Sedimentbergartene vil være av sterkt blandet kvalitet.

Kalksteinen kan være brukbar til de fleste formål inklusive pukk fremstilling, mens leirskiferen nærmest bare vil egne seg til fyllmasser.

Eruptivgangenes bergarter, særlig diabas, vil kunne gi bra pukk, men forekomstene vil være såpass små at de neppe får særlig betydning.

#### VIII FULLBORING, VIDERE UNDERSØKELSER

Ved deltrasé, Frantzebråten-Bestun, er det utført kjerneboringer for å skaffe grunnlagsdata for vurdering av fjellforholdene, blant annet med henblikk på eventuell bruk av fullboringsmaskin for driving av tunnelen. Resultatet av laboratorieundersøkelser av kjernematerialet vil bli gitt i egen rapport.

Forholdene for eventuell fullboring vil sannsynligvis være bedre enn for deltrasé 1. Traseen krysser imidlertid mektige eruptivganger med relativt mye hardere bergarter enn sedi-

mentene, noe som kan vanskeliggjøre og fordyre fullboringsdrift. En annen vanskelighet kan være kombinasjon av fullboring og forinjeksjoner hvor dette skulle vise seg nødvendig.

Hvis fullboringsalternativet skal vurderes nærmere, vil det også for denne trasé være nødvendig med en del kjerneboringer.

#### IX SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

Rapporten omhandler de geologiske og hydrogeologiske forhold ved tunneltrasé Lysakerelven-Øvre Skogvei.

Tunnelen vil for det meste gå i ordoviciske sedimentbergarter, og krysse en rekke ganger av permiske eruptivbergarter. Tunnelen vil få relativt god fjelloverdekning, noe oppsprukket dagfjell må ventes. Stabilitetsforholdene vil sannsynligvis bli bedre enn for deltrasé 1, Frantzebråten-Bestun. Lekkasje-problemer må ventes.

De mest aktuelle sikringstiltak når det gjelder stabiliteten vil være bolting og sprøytebetong, men stedvis kan også full utstøpning komme på tale. Anslagsvis 10% av tunnellengden vil kreve slike sikringstiltak.

Tetning for å unngå skadelige setninger vil kunne kreve forinjisering, ellers kan også etterinjisering være aktuelt. En anslår at ca. 7% av tunnellengden vil kreve sikring mot lekkasje.

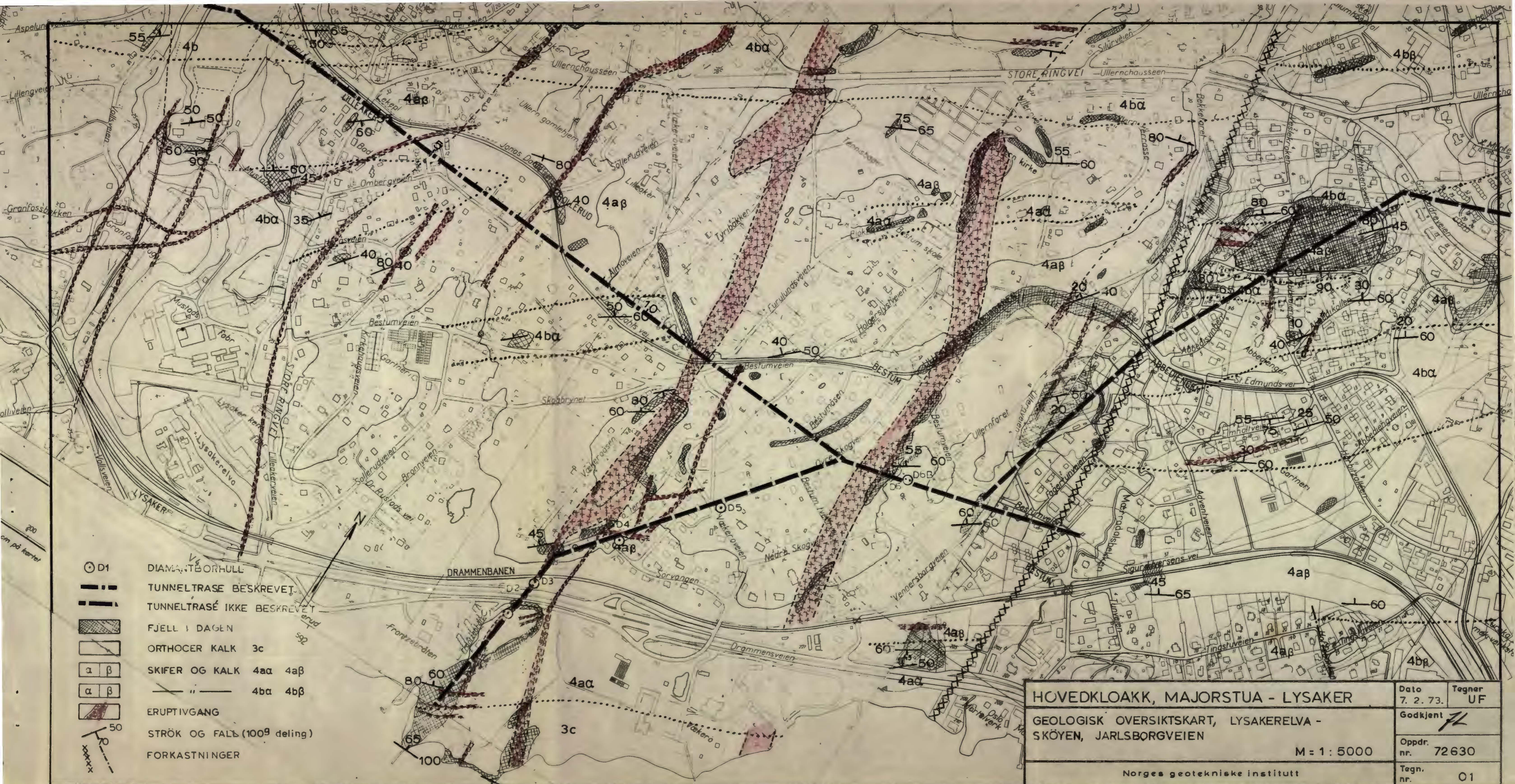
Når det gjelder forholdene for fullboring av tunnelen, er det klart at tunnelen over hele strekningen berøres av eruptivganger. Tunnelstufen vil således by på harde og relativt bløte bergarter om hverandre, noe som kan vanskeligg-

gjøre og fordyre fullboringsdrift. En annen fordyrelse og mulig komplikasjon er behovet for forinjiseringer. Adkomstforhold og traséføring synes imidlertid å ligge vel til rette for fullboringsdrift. Ved dette alternativ må det forutsettes at traséen undersøkes nærmere ved kjerneboringer.

for NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT

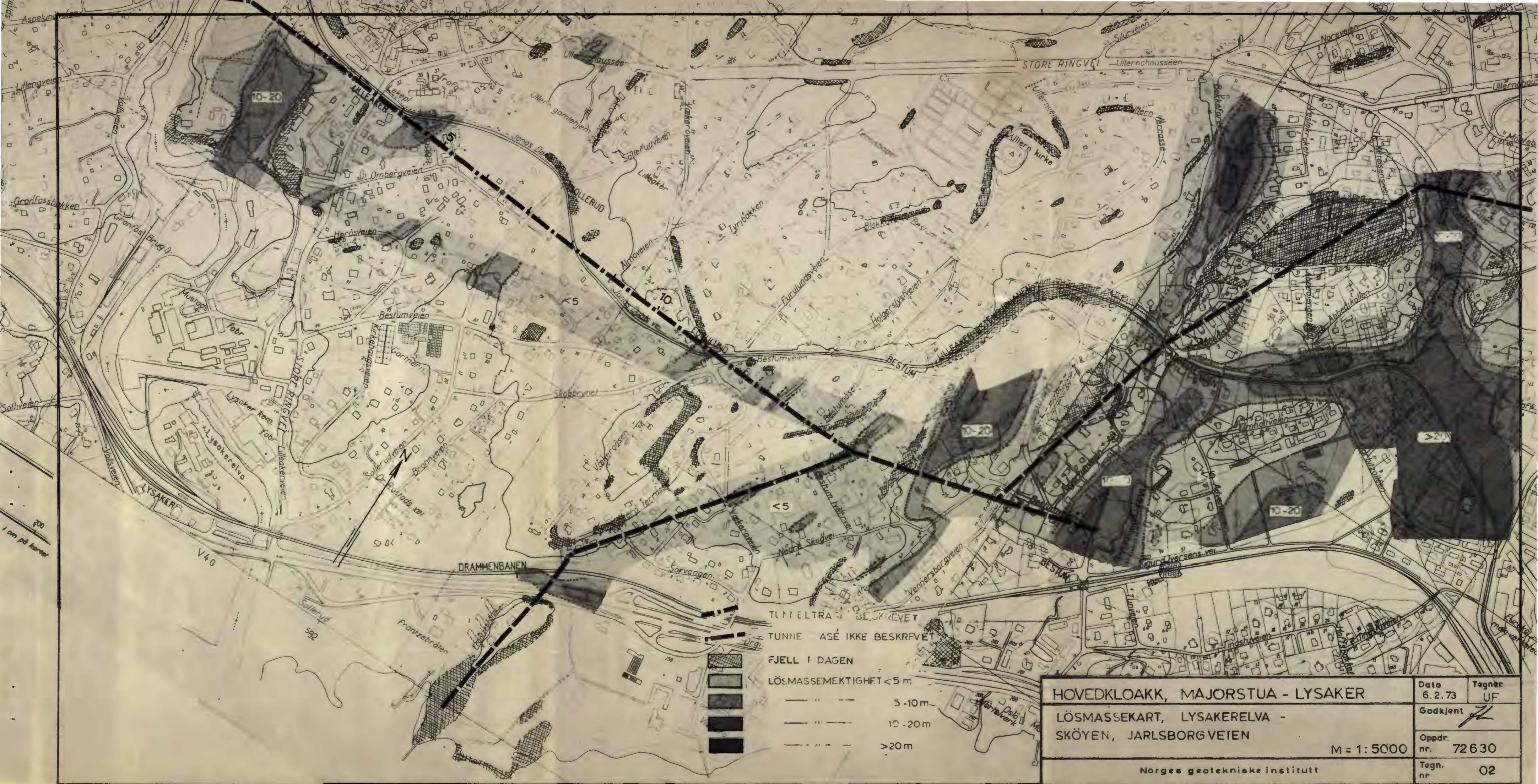
*Bjørn Kjærnsli*  
Bjørn Kjærnsli

*Johnny Lunde*  
Johnny Lunde



- D1 DIAMANTBORHULL
- TUNNELTRASE BESKREVET
- - - TUNNELTRASE IKKE BESKREVET
- ▨ FJELL I DAGEN
- ORTHOCER KALK 3c
- α β SKIFER OG KALK 4aα 4aβ
- α β " " 4bα 4bβ
- ▨ ERUPTIVGANG
- 50 STRØK OG FALL (100<sup>9</sup> deling)
- 70 FORKASTNINGER

<b>HOVEDKLOAKK, MAJORSTUA - LYSAKER</b>		Dato	Tegner
GEOLOGISK OVERSIKTSKART, LYSAKERELVA - SKØYEN, JARLSBORGVEIEN		7. 2. 73.	UF
M = 1 : 5000		Godkjent	
Norges geotekniske institutt		Oppdr. nr.	72630
		Tegn. nr.	01



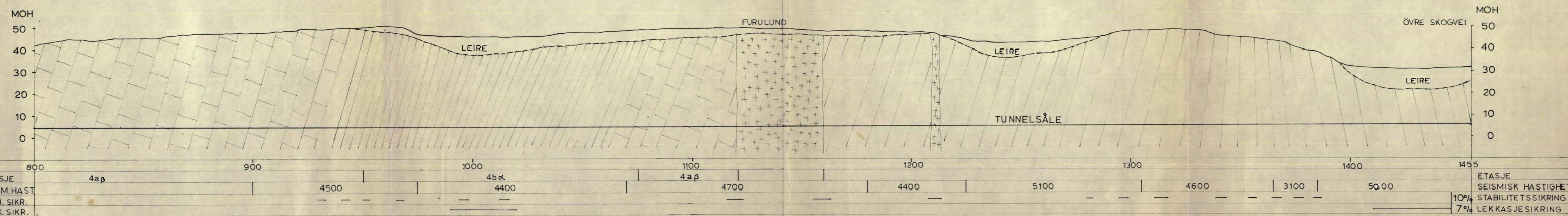
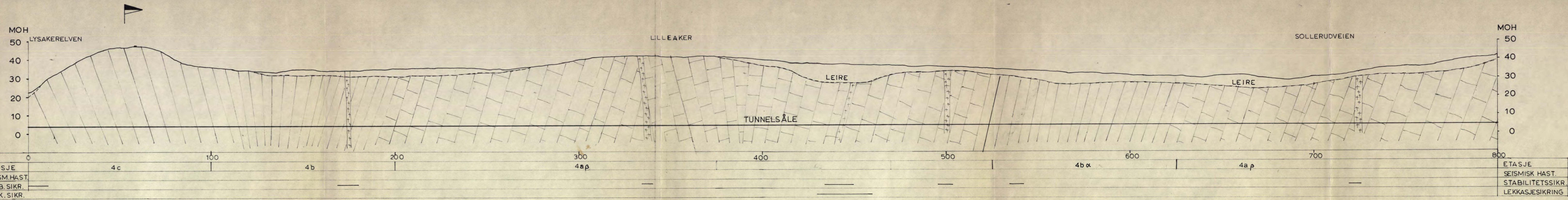
- TUNNELTRÅN BESKRIVET
- TUNNE ASÉ IKKE BESKRIVET
- FJELL I DAGEN
- LÖSMASSEMEKTIGHET < 5 m
- 5 - 10 m
- 10 - 20 m
- > 20 m

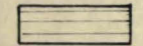
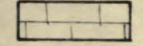
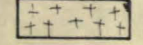

HOVEDKLOAKK, MAJORSTUA - LYSAKER  
 LÖSMASSEKART, LYSAKERELVA -  
 SKÖYEN, JARLSBORGVEIEN

M = 1:5000

Norges geotekniske Institutt

Dato	Tegner
6.2.73	UF
Godkjent	<i>[Signature]</i>
Oppdr. nr.	72630
Tegn. nr.	02



- TEGNFORKLARING
-  KALKHOLDIG SKIFER
  -  KALKSTEIN
  -  ERUPTIVGANG
  -  KNEKPKUNKT

HØVEDKLOAKK, MAJORSTUA-LYSAKER		Dato	Tegner
GEOLOGISK PROFIL		27.2.73	UF
LYSAKERELVA-ÖVRE SKOGVEI		Godkjent	
Norges geotekniske institutt		Oppdr. nr. 72 630	Tegn. nr. 10