

Rapport 3293.01

Oslo, 22. september 1971.

Seismiske målinger i forbindelse
med tunnel Andenes - Bleik på Andøya,
for Nordland Vegkontor.

INNHOLD

Innledning.....	Side 1
Markarbeid.....	" 1
Oppmåling og kartgrunnlag.....	" 2
Måleresultater.....	" 2
Sluttbemerkninger.....	" 4

BILAG OG TEGNINGER

Bilag 0-1/0-3:	Orientering om seismiske målinger.
" 1 - 1:	Seismiske hastigheter i kvartære avsetninger.
" 2 - 1:	Seismiske hastigheter i fjellgrunnen.
Tegning 3293-1:	Situasjonsplan og profiler 1-2/71, Bleiksvatn.
" 3293-2:	Situasjonsplan og profiler 3-5/71, Møsje.
" 3293-3:	Situasjonsplan og profil 6/71, Ravnan.
" 3293-4:	Situasjonsplan og profil 7/71, Bombakken.

INNLEDNING

<u>Byggherre og oppdragsgiver</u>	Nordland Vegkontor, Bodø.
<u>Prosjekt</u>	Tunnel Andenes - Bleik.
<u>Målemetode</u>	Seismiske refraksjonsmålinger.
<u>Målested</u>	Andøya.
<u>Fylke</u>	Nordland.
<u>Hensikt med undersøkelsen</u>	Undersøke løsmassemekthet og fjellkvalitet for tunnelpåhugg.

MARKARBEID

<u>Personell, A/S Sivilingeniør</u> <u>O. Kjølsest</u>	Ing. Myklebust og Olsen.
<u>Hjelpemannskap</u>	3 mann ble stillet til disposisjon av oppdragsgiveren.
<u>Måleperiode</u>	uke 25, 13. - 19. juni 1971.
<u>Total profillengde</u>	655 m fordelt på 7 profiler.
<u>Skuddavstand</u>	15 m (unntatt for profil 7 hvor skuddavstanden varierer mellom 20 og 30 m).
<u>Geofonavstand</u>	5 m (for profil 7 er den 7.5 m).
<u>Utstyr type</u>	ABEM Trio 1968.

OPPMÅLING OG KARTGRUNNLAG

Som kartgrunnlag for målingene er benyttet Widerøes karter over de aktuelle områder i målestokk 1:5000. Innmåling og høydebestemmelser av profilene er foretatt av Ingeniørkontoret, Andenes kommune. Det er funnet en del uoverensstemmelser mellom disse innmålingene og våre båndmålinger, spesielt gjelder dette profilene 3 - 5/71 og 7/71. Ingeniørkontoret er blitt anmodet om å foreta ny innmåling av profilen. Dette er bare i noen grad blitt utført. Profil 4/71 som bare var utført frem til 55 m er blitt forlenget til den aktuelle målelengde, 95 m. De nye høydene er påført vår tegning 3293-2A. Forøvrig er det fortsatt uoverensstemmelser mellom våre båndmålinger og innmålingen av profilene 3 - 5/71 ved Møsje. Plasseringen på kartet er justert noe i henhold til våre observasjoner og notater fra markarbeidet. Vedrørende profil 1 - 2/71 ved Bleiksvatn og 6/71 ved Ravnan synes det ikke å forekomme særlige forskjeller mellom våre båndmålinger og de utførte innmålingene.

Våre båndmålinger vedrørende profil 7/71 ved Bombakken viser at profilet har en lengde på 80.5 m målt langs bakken. Profilet opptegnet av Ingeniørkontoret viser en tilsvarende lengde på mellom 60 og 70 m. Det er antatt at vårt lengdemål er korrekt og de oppgitte høyder er fordelt på denne lengden. Det opptegnede terrengprofilet er således noe slakere enn oppgitt fra Andenes Ingeniørkontor, og en må her regne med muligheter for relativt store feilgrenser. Alle høydene langs profilene er relative med valgt høyde lik 0 m ved start- eller ende-
pel.

MÅLERESULTATER

Profil 1 - 2/71, Bleiksvatn.

I lia ca. 200 m ovenfor Bleiksvatn ble målt to profiler. Profil 1/71 ligger omtrent parallelt terrenget og resultatene viser små dybder til fjell, 0.5 - 1.5 m. Profil 2/71 krysser profil 1/71 på 50.5 m, og går oppover lia. Beregningene viser små dybder til fjell, mindre enn 1.5 m langs de første 60 m av profilet. Herfra og utover langs resten av profilet øker løsmassetykkelsen jevnt og ved profilets ende-

punkt er dybden til fjell 6 m.

Fjellhastighetene varierer mellom 2600 og 6000 m/s. Det antas at fjellet er oppsprukket på de steder der fjellhastigheten er lavere enn 4000 m/s.

Profil 3 - 5/71, Møsje.

For et eventuelt tunnelpåhugg ved Møsje ble målt 3 profiler med plassering som vist på situasjonskartet. Profil 3/71 og 4/71 ligger langs terrenget. Resultatene viser dybder til fjell varierende mellom 1.0 og 3.5 m. Den største løsmassetykkelse finnes langs første del av profil 4/71. Beregningen vedrørende profil 3/71 viser indikasjoner på oppsprukket dagfjell langs de siste 80 m av profilet. På grunnlag av en vurdering i marken av disse forhold ble plasseringen av tverrprofil 5/71 bestemt. Bortsett fra de første 5 m av profilet er dybdene til fjell meget beskjedne, 1.0 - 1.5 m.

Beregningene i forbindelse med disse tre profilene viser også soner med fjellhastigheter lavere enn 4000 m/s og således fare for oppsprukket fjell.

Profil 6/71, Ravnan.

Ved Ravnan, i skråningen ca. 150 m ovenfor veien ble målt et profil. Resultatene fra dette profilet viser relativt store løsmassetykkelser varierende mellom 5 og 16 m. Hastigheten i løsmassene ned mot fjellet under et tynnere topplag er beregnet til 950 m/s. Denne hastigheten tyder på relativt løse masser. I overflaten ble det observert stort steininnhold i massene. Det antas at forholdene er ugunstige for et tunnelpåhugg på dette stedet på grunn av de store dybdene til fjell.

Profil 7/71, Bombakken.

Plasseringen av profilet er vist på situasjonskartet. Resultatene fra dette profilet viser også store løsmassemektheter langs sentrale deler av profilet, maksimalt opp mot 15 m. Ved profilets endepunkt er det fjell i dagen. Hastigheten i løsmassene ligger langs store deler

av profilet på 950 m/s og som for profil 6/71 antydes at massene er relativt lite fastpakket. Stor stein og blokker finnes i overflaten langs hele profilet.

Langs profilet fra 51 til 65 m er det beregnet en fjellhastighet på 2800 m/s og dette skulle tyde på at fjellet innenfor dette partiet er sterkt oppsprukket.

SLUTTBEMERKNINGER

Det gjøres oppmerksom på at selve de seismiske dydberegningene ikke influeres av mulige feile høyder langs profilene. De oppgitte fjelldybder langs profilene antas derfor ikke å være beheftet med større feilgrenser enn det hva vi vanligvis regner med (se bilag 0-3).

De beregnede fjelldybder er knyttet relativt til terrenghøydene og eventuelle feil i disse vil gi tilsvarende utslag i fjellflatens beliggenhet. For ordens skyld nevnes også at de dybdene til fjell som er påført profiltegningene representerer dyp loddrett mot fjellflaten.

Oslo, 22. september 1971.

A/S SIVILINGENIØR O. KJØLSETH

E. Vidstøl
for Anders Farestveit

Jakob Bleie

SEISMISKE MÅLINGER

ANVENDELSE

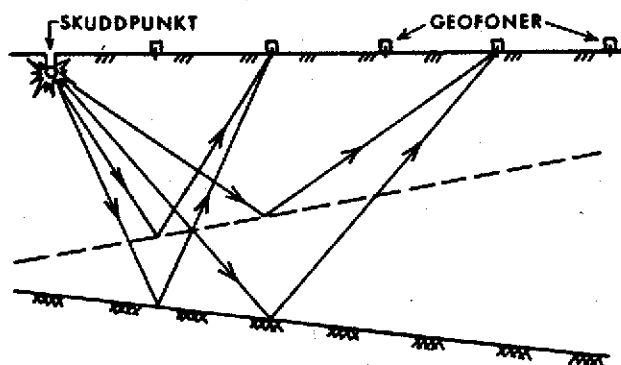
Seismiske målinger kan benyttes til å besvare en rekke viktige spørsmål angående grunnforholdene. Metoden er ikke bare begrenset til beregning av dybder til fjell og andre diskontinuitetsflater. En analyse av hastighetene i berggrunnen gir verdifulle opplysninger om fjellets kvalitet. Oppsprukket fjell og knusningssoner kan påvises, og dette er av stor betydning for ingeniørgeologiske vurderinger av berggrunnen i forbindelse med f. eks. kraftverksprosjektering. En vurdering av løsmassehastighetene kan også til en viss grad gi opplysninger om massenes sammensetning og karakter som støtte ved geotekniske undersøkelser. Ved seismiske målinger kan en også i svært mange tilfeller påvise grunnvannsstanden i løsmassene.

En spesiell fordel ved seismiske målinger er at fjelldybdeberegningene ikke influeres av store steiner og blokker i grunnen, hvilket ofte vanskeliggjør vanlige borer.

Seismiske målinger kan også utføres under vann, og metoden er således meget anvendbar blant annet ved undersøkelser for havneanlegg og tunnelutslag under vann.

METODER

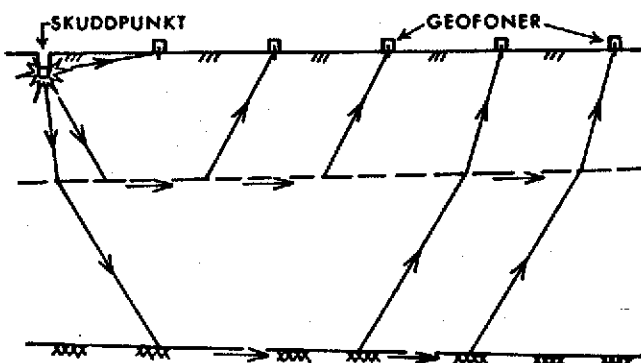
En kan tale om to hovedtyper av seismiske målemetoder.



PRINSIPPSKISSE FOR REFLEKSJONSMÅLINGER

1. Refleksjonsmålinger

Ved denne metode registrerer en bølger som er blitt reflektert fra dypereliggende diskontinuitetsflater. Når hastighetsfordelingen som funksjon av dypet er funnet, kan refleksjonsflatens beliggenhet beregnes.



PRINSIPPSKISSE FOR REFRAKSJONSMÅLINGER

2. Refraksjonsmålinger

Denne metode bygger på at en registrerer bølger som er blitt bøyet inn i dypereliggende lag og som har fulgt disse.

Ved grunnundersøkelser der det er spørsmål om dybder til fjell og hastighetsanalyser med tanke på en vurdering av løsmassenes og fjellets kvalitet, er den refraksjonsseismiske metode mest benyttet.

REFRAKSJONSSEISMISKE MÅLINGER

ARBEIDSOPPLEGG - PRINSIPP - NØYAKTIGHET

Små seismometre, geofoner, blir plassert langs en målelinje. Det blir vanligvis benyttet en geofonavstand på 5 - 10 meter. Små sprengladninger blir avfyrt i overflatelaget, og lydbølgene som forplanter seg ut fra skuddpunktet, blir registrert av geofonene. I geofonene blir vibrasjonene i grunnen omsatt til elektriske impulser som gjennom kabler blir ført frem til registreringsapparatet, bestående av forsterker og oscillograf med kamera. De elektriske impulsene blir her overført til en film, seismogram, som også med stor nøyaktighet registrerer skuddøyeblikket. På denne måten kan en finne den tiden lydbølgene har brukt gjennom de forskjellige lagene frem til geofonene. Gangtiden vil variere fra geofon til geofon. Den er avhengig av den hastighet bølgene har forplantet seg med i de forskjellige lagene, samt av geofonenes posisjon i forhold til skuddpunktet.

Ved å benytte forskjellige profil, utleggs- og skuddmønstre bestemmes hastigheten i de lag som undersøkes. Dette gjøres ved å plote de observerte gangtider i et diagram som funksjon av avstanden mellom geofon og skuddpunkt. Etter at hastighetene er bestemt, kan dypet til de forskjellige diskontinuitetsflater beregnes på grunnlag av matematisk utledede formler. Disse formler bygger på følgende forutsetninger:

1. Konstant hastighet innenfor lagene i området ved hvert beregningspunkt, skuddpunkt.
2. Hastigheten fra lag til lag må øke nedover i dypet.
3. Økningen i hastighet mellom lagene må være så stor at hvert lag blir representert i gangtidsdiagrammet med sin typiske hastighet.

Avvik fra disse forutsetninger kan gi grunnlag til følgende feilkilder:

- A. Dersom bunnlagene har lavere hastighet enn topplagene, kan en beregne for store dyp til fjell.
- B. "Blindsoner" er lag som har høyere hastighet enn overliggende lag, men der lagets mektighet og lagets beliggenhet i dypet er slik at de bølger som har gått gjennom blindsonelaget kommer senere inn enn de tilsvarende bølger gjennom dypere liggende lag. I slike tilfeller kan en beregne for små dyp.

Måleresultatene vil i de aller fleste tilfeller gi indikasjoner på om de nevnte forutsetninger er oppfylt. På dette grunnlag kan en både med hensyn til opplegg av markarbeid og beregninger utføre korreksjoner som innenfor rimelige feilgrenser gir tilfredsstillende resultater hva angår dybden til fjell. Lang erfaring både med hensyn til markarbeid og beregningsteknikk, samt grundig teoretisk bakgrunn er i slike tilfeller av fundamental betydning.

Generelle matematiske feilgrenser når det gjelder fjelldybdebestemmelser ved refraksjonseismikk kan vanskelig oppstilles. Måleresultatene er i stor grad avhengig av grunnforholdene på stedet. Som nevnt tidligere er nøyaktigheten også i stor grad avhengig av de erfaringer en har både når det gjelder beregningsteknikk og opplegg av markarbeid.

Boringer og avdekninger ved f.eks. tunnelpåslag, har de siste årene derimot gitt oss et rikholdig statistisk materiale. På grunnlag av dette har vi kunnet sette opp følgende verdier for middelavviket av våre fjelldybdebestemmelser:

Dyp mindre enn 10 meter: $\pm 1,0$ meter

Dyp større enn 10 meter: $\pm 10\%$ av beregnet dyp

T E G N F O R K L A R I N G

 TERRENG

 FJELL I DAGEN

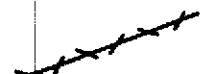
 VANN

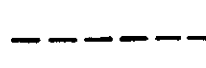
 UR, STEIN, BLOKKER

 PUNKT PÅ
FJELLFLATEN

 OPPSPRUKKET FJELL

 SKUDDPUNKT

 SANNSYNLIG
KNUSNINGSSONE

 GRENSE MELLOM
FORSKJELLIGE LAG

SEISMISKE HASTIGHETER I KVARTÆRE AVSETNINGER

Longitudinalbølgenes hastigheter gjennom forskjellige typer kvartære avsetninger spenner over et vidt område, fra ca. 100 m/s i tørre og løse jordlag til ca. 3.000 m/s i meget hardpakke og tette vannmettede moreneavsetninger. De viktigste faktorer som er avgjørende for hastigheten i sedimentene er vanninnhold, porøsitet, kornstørrelse og mineralogisk sammensetning.

De seismiske hastighetene kan gi visse indikasjoner på hvilke typer løsavsetninger som finnes langs et profil. Bakgrunnen for dette er at hastighetene i forskjellige typer løsavsetninger faller i visse hastighetsområder. En beregnet hastighet vil derfor tilsvare en løsmasstype eller også i enkelte tilfelle, flere alternative løsmasstyper. Nedenfor følger en liste over variasjonsområdet for hastighetene i enkelte løsmasstyper.

Morene over grunnvannsnivået	300 m/s - 1300 m/s
" under "	1700 m/s - 2800 m/s
Sand over "	300 m/s - 800 m/s
Grus over "	300 m/s - 1100 m/s
Sand og grus under grunnvannsnivået	1000 m/s - 1700 m/s

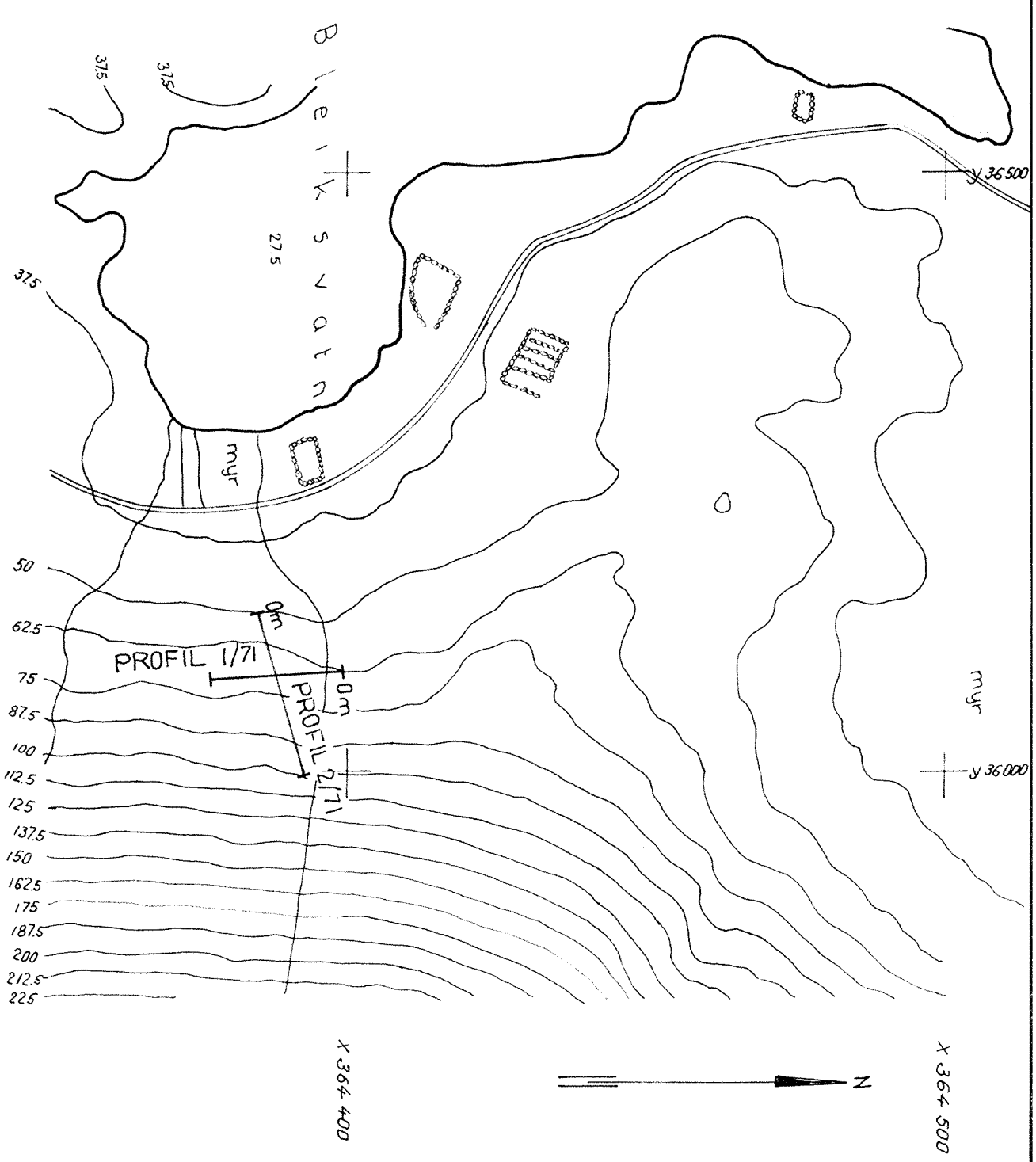
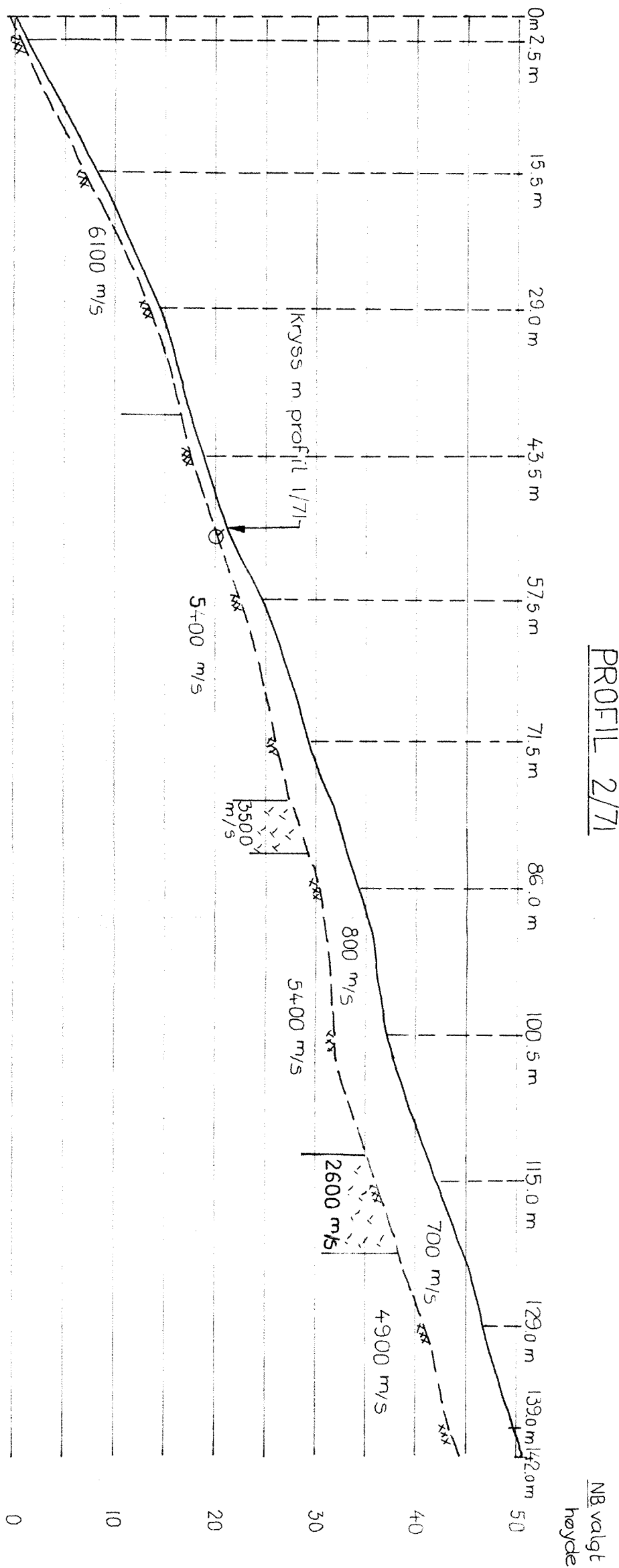
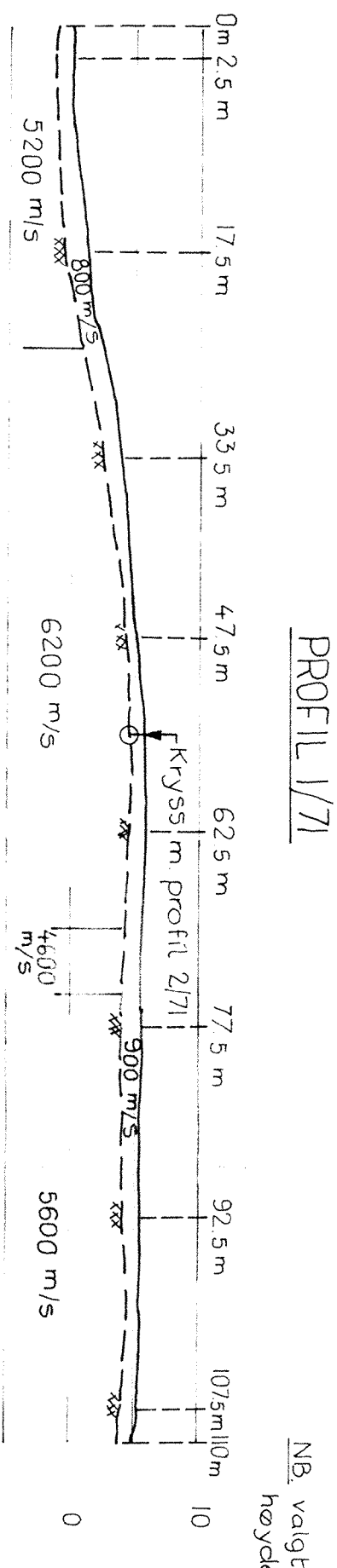
SEISMISKE HASTIGHETER I FJELLGRUNNEN

Hastigheten for seismiske longitudinalbølger gjennom forskjellige bergartstyper spenner over et vidt område. Som eksempel kan nevnes at porøse kalkbergarter har en hastighet på ca. 2300 m/s, mens massive diabasbergarter har en hastighet på opptil 7000 m/s.

Generelt er hastigheten i et medium avhengig av flere faktorer. I en bergart er porøsiteten en særlig viktig faktor. En økning i porøsitet ved for eksempel en oppsprekking vil føre til en hastighetssenkning. Lavhastighetssoner i fjellgrunnen korresponderer derfor oftest til dårligere fjellkvalitet.

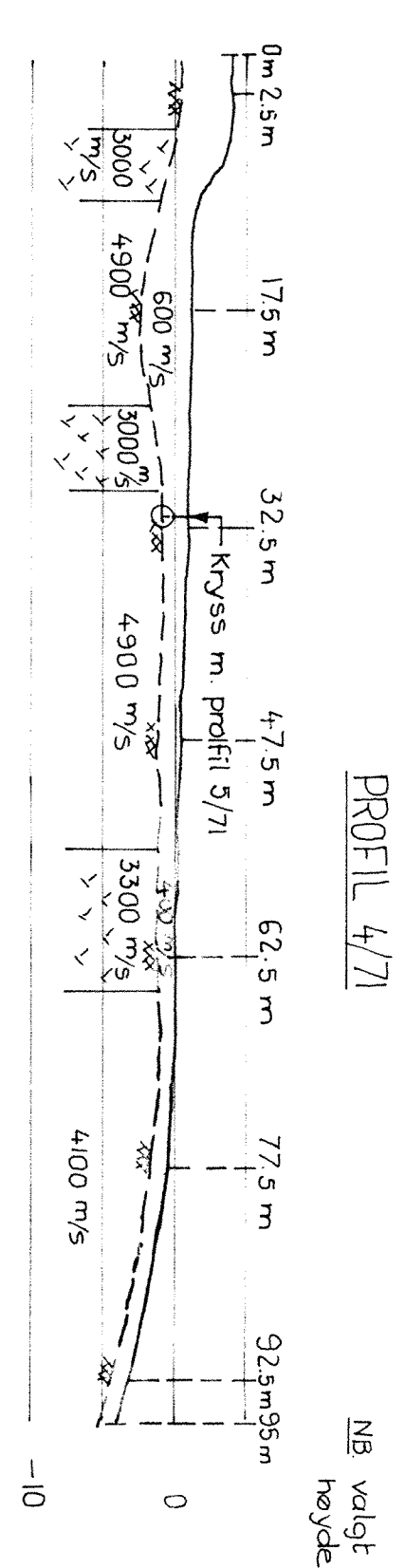
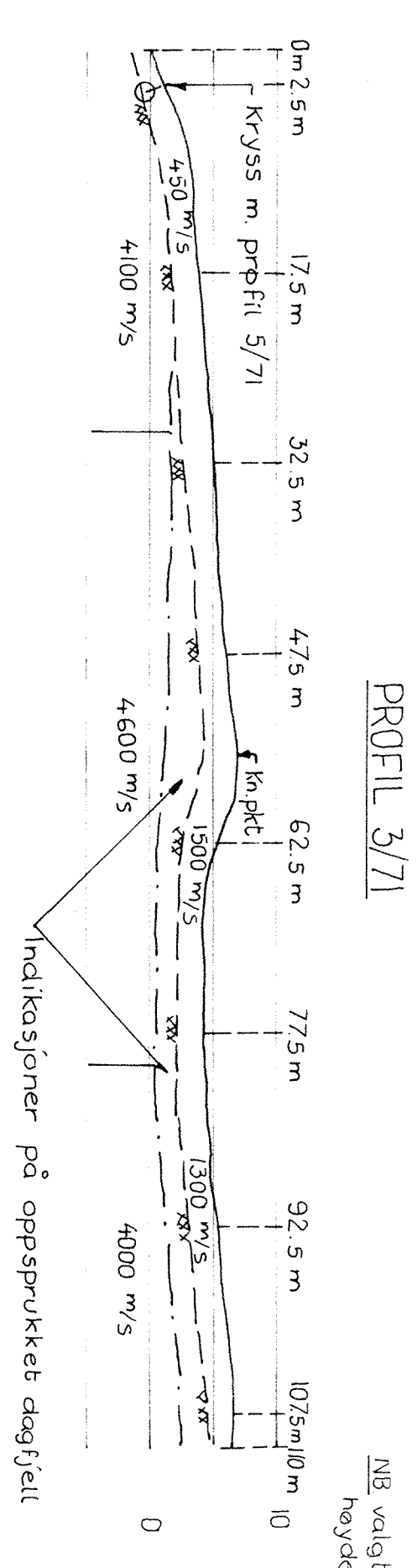
For bergarter med godt utviklet planstruktur vil bergartenes strøk og fall i forhold til profilretningen også være avgjørende for den registrerte hastighet. De høyeste hastigheter registreres langs skifrighetsplanet, og de laveste vinkelrett på dette. Som eksempel kan nevnes at en variasjon på 1000 m/s - 1500 m/s i hastigheten i meget skifrige bergarter, målt henholdsvis parallelt og vinkelrett på skifrighetsplanet ikke er uvanlig.

Dersom en har kjennskap til bergartstypene i et måleområde, samt opplysninger om bergartenes strøk- og fallretning, har en gode muligheter for å lokalisere knusningssoner eller sleppesoner ved en analyse av de seismiske hastighetene.



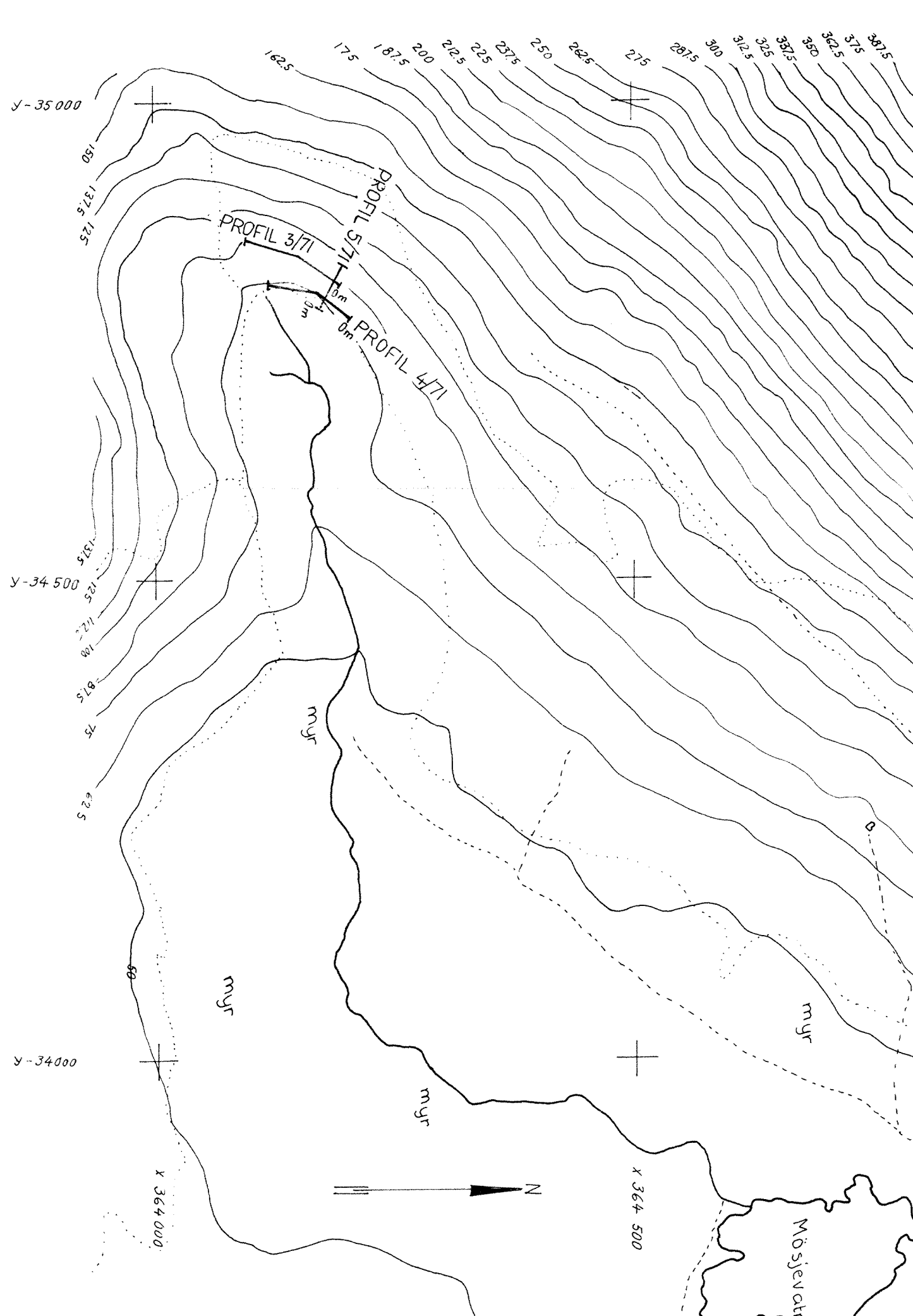
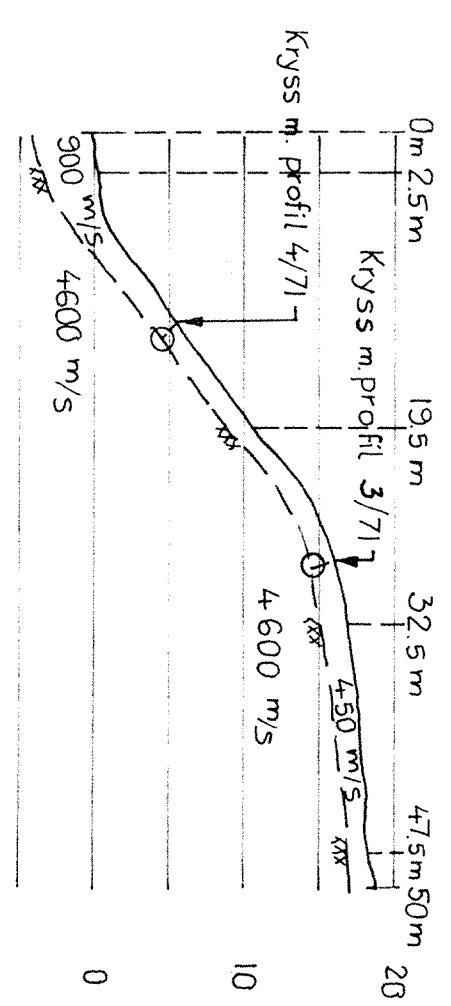
Korrigert: Tegnet nr. A-1295 konstr. av
Widerøes Flyveselskap og Rikarfly's
etter fotogrammetr optatt juli 1953.

c					
b					
a					
Rev.	Dato	Sign.			
Byggherre: NORDLAND VEIKONTOR					
Anlegg: TUNNEL ANDENES - BLEIK					
Sted: BLEIKSVATN					
SEISMISKE MÅLINGER			Målestokk		
SITUASJONSPLAN OG PROFIL 1&2/71			1:5000		
			1:500		
			Kfr.		
			Malt 1B / SM Juni -71		
			Bereg. 1B Aug -71		
			Tegn. 1B / AB 20 aug. -71		
a/s Skillingen 0. Kjøleth FORUNDERSØKELSE FOR BYGG OG ANLEGG					
OSLO * BERGEN * KRISTIANSUND					
27/7/53 * 19/7/58 * 23/7/61					
Tegn. nr. 3293 -- 1					



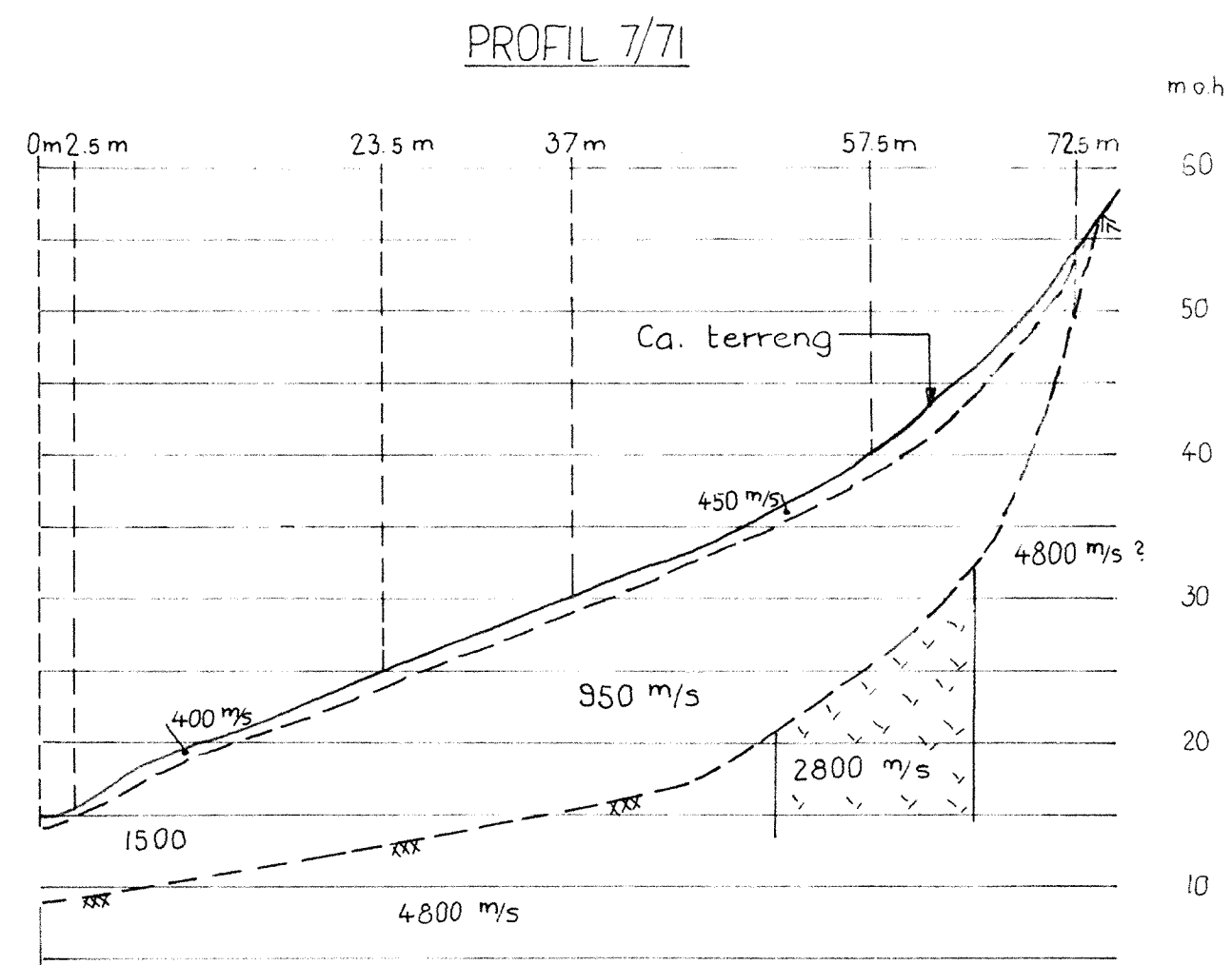
PROFIL 5/71

NB valgt høyde

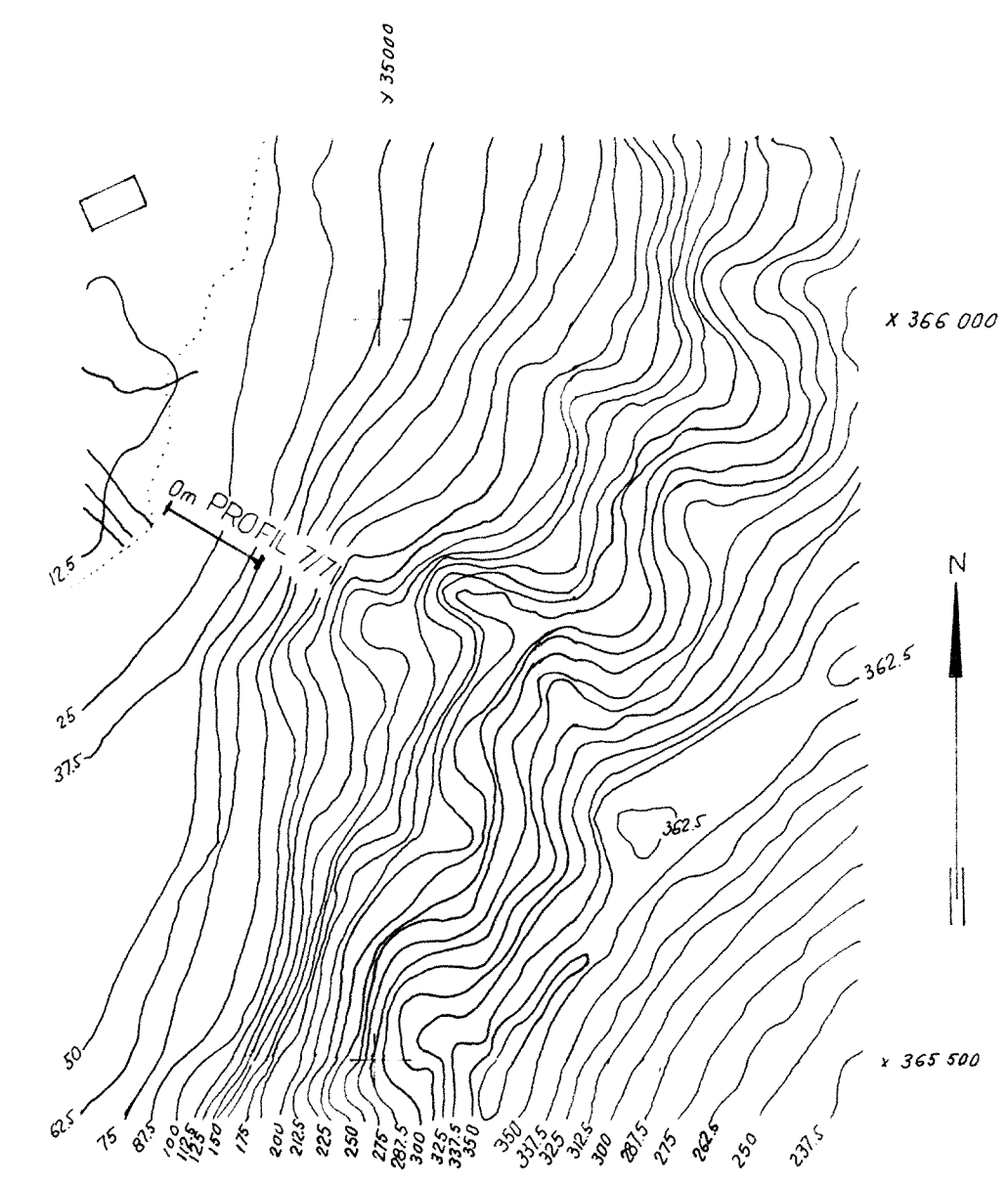


Kartgrunnlag: Tegn. nr. A-1280, konstr. av
Widerøes Flyveselskap og Polarfly 9s etter
Fotogrammer oppkalt juli 1953.

c			
b			
a	22 sept -71	J.B./A.B.	Ny høyde påført profil + fra 55 - 95 meter.
Rev.	Date	Sign.	
Byggherre: NORDLAND VEIKONTOR			
Anlegg: TUNNEL ANDENES - BLEIK			
Sted: MØSJE			
Målestokk		Målt J.B./S.M. juni -71	
1: 5000		Beregnet J.B. Aug. -71	
SITUASJONSPLAN OG		Tegn. J.B./A.B. 24. aug. -71	
PROFIL 3, 4 OG 5/71		Kfr.	
als Stettingentier O. Kjelstad FORUNDERSØKELSE FOR BYGG OG ANLEGG			
OSLO		BERGEN	
37/785		18/708	
*		*	
KRSAND S.		23/071	
Tegn. nr.		3293-2	



N.B. Terrengprofilet tegnet etter koteangivelse på kartet.



Kartgrunnlag: Tegn. nr. 363-71-B 24, konstr. av
Widerøes Flyveselskap og Polarfly A/s opptatt juli 1953.

c			
b			
a	22 sept -71	JB/AB	Terrenghøyden langs siste del av pr. 7/71 justert.
Rev.	Dato	Sign.	
Byggherre: NORDLAND VEIKONTOR			
Anlegg: TUNNEL ANDENES - BLEIK			
Sted: BOMBAKKAN			
SEISMISKE MÅLINGER SITUASJONSPLAN OG PROFIL 7/71		Målestokk	Målt JB/SM Juni -71
		1:5000	Beregn. JB Aug. -71
		1:500	Tegn. JB/AB 23 aug -71
			Kfr.
a/s Sivillingenier O. Kjelseth FORUNDERSØKELSER FOR BYGG OG ANLEGG		Tegn. nr. 3293-4 a	
OSLO 37 97 85	BERGEN 18 706	KR. SAND S. 23 071	