


NGU Rapport 95.141

Refraksjonsseismiske målinger ved kartlegging
av dyp til fjell over påhugg for
Fagernestunnelen, Narvik, Nordland

Rapport nr.: 95.141		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen	
Tittel: Refraksjonsseismiske målinger ved kartlegging av dyp til fjell over påhugg for Fagernestunnelen, Narvik, Nordland				
Forfatter: Eirik Mauring og Torleif Lauritsen		Oppdragsgiver: Statens vegvesen, Nordland		
Fylke: Nordland		Kommune: Narvik		
Kartblad (M=1:250.000) Narvik		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1331 I Skjomen, 1431 IV Rombaken		
Forekomstens navn og koordinater: Fagernes 33V 5997 75928		Sidetall: 12 Pris: 35,- Kartbilag: 2		
Feltarbeid utført: 1/11-4/11-1995	Rapportdato: 15/11-1995	Prosjektnr.: 61.2562.01	Ansvarlig: 	
Sammendrag: Det er utført refraksjonsseismiske målinger langs to profiler ved Fagernes i Narvik, Nordland fylke. Formålet med undersøkelsen var kartlegging av fjelldyp over et område der det planlegges skjæring gjennom løsmasser og påhugg for tunneltrasé. Målingene ble utført på oppdrag fra Statens vegvesen Nordland. Målingene viser at dyp til fjell ligger i området 1-3,5 m. Langs deler av profil 1 er oppsprekking i fjell indikert ved forholdsvis lav seismisk hastighet. Dyp til fjell er på ca. 2,5 m i området der det er planlagt påhugg for tunnel.				
Emneord: Geofysikk		Refraksjonsseismikk		Mektighet
Ingeniørgeologi				
				Fagrapport

INNHold

1 INNLEDNING	4
2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3 RESULTATER	4
4 KONKLUSJON	5

Tekstbilag

Refraksjonsseismikk - metodebeskrivelse

Databilag

1. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 1
2. Tolkning av refraksjonsseismisk profil 2
3. Koordinater, dyp til fjell og høyde over havet for terreng- og fjelloverflate, profil 1
4. Koordinater, dyp til fjell og høyde over havet for terreng- og fjelloverflate, profil 2

Kartbilag

- 95.141-01: Oversiktskart, målestokk 1:50 000
95.141-02: Detaljkart, målestokk 1:2000

1 INNLEDNING

På oppdrag fra Statens vegvesen Nordland, er det utført refraksjonsseismiske målinger ved Fagernes, Narvik kommune, Nordland. Det ble målt to refraksjonsseismiske profiler. Formålet med undersøkelsen var å kartlegge dyp til fjell over planlagt skjæring gjennom løsmasser og over påhugg for tunnel ved Fagernes (Fagernestunnelen). Målingene ble utført i perioden 1/11-4/11-1995 av Torleif Lauritsen (NGU) med assistanse fra oppdragsgiver.

2 MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

En grov plassering av måleområdet (målestokk 1:50 000) er vist i kartbilag -01. Kart i målestokk 1:2000 som viser plassering av profilene, er vist i kartbilag -02. Det lengste profilet (P1) er målt langs veitrasé/tunnelpåhugg. Et kortprofil (P2) ble målt på tvers av P1 i området for planlagt tunnelpåhugg. De to profilene er nivellert av oppdragsgiver.

En beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er presentert i tekstbilag. Som registreringsinstrument ble det benyttet en digital seismograf av typen Scintrex S-2 'Echo'. Geofonavstanden var 5 m, og lengden på profilene som ble målt var 230 m (P1) og 100 m (P2). Skuddpunkt ble plassert 2,5 m fra endene av profil 2, og 2 og 6 m fra hhv. sørvest- og nordøst-enden av profil 1. Det ble i tillegg plassert skuddpunkt midt i hvert profil, samt et stykke fra endene (fjernskudd). Energiseringen var dynamitt. Kvaliteten på opptakene var meget god. Den resiproke metode ble benyttet ved tolkning, gjennom programmet GREMIX (Interpex Ltd.). Ved presentasjon av data (databilag 1 og 2) ble programmet GRAPHER (Golden software) anvendt.

3 RESULTATER

Tolkning av de refraksjonsseismiske profiler er vist i databilag 1 og 2. Profilene er vist i målestokk 1:500. Profil 1 er vist over to sider (databilag 1, side 1 og 2). Ved presentasjon av data, er posisjoner angitt med to koordinatsett. Det ene settet angir egendefinerte posisjoner langs profilet (0-230 for profil 1 og 5-105 for profil 2), mens det andre angir koordinatsett definert av oppdragsgiver (2378-2596 for profil 1 og 2497-2487 for profil 2). Ved beskrivelsen av profilene refereres det til egendefinerte koordinater.

Profil 1

To hastighetslag kan erkjennes i måledata. Det øverste laget har seismisk hastighet i området 210-330 m/s og representerer tørre løsavsetninger med organisk materiale og trolig blokk. Laget under representerer fjell med seismisk hastighet i området 3500-4200 m/s. De laveste hastigheter

opptrer mellom posisjon 55 og 115 og mellom posisjon 175 og 230 og indikerer oppsprekking i fjellet. Dyp til fjell ligger i området 1- 3,5 m. I området for planlagt påhugg (ved posisjon 110) er dyp til fjell ca. 2,5 m.

Profil 2

Også langs dette profilet indikeres to hastighetslag, der det øverste representerer tørre løsavsetninger (med organisk materiale og blokk) med seismisk hastighet i området 240-330 m/s. Seismisk hastighet i fjell er i overkant av 4000 m/s. Dyp til fjell ligger i området 1-3 m.

4 KONKLUSJON

Det er utført refraksjonsseismiske målinger langs to profiler ved Fagernes i Narvik, Nordland fylke. Formålet med undersøkelsen var kartlegging av fjelldyp over et område der det planlegges skjæring gjennom løsmasser og påhugg for tunneltrasé.

Målingene viser at dyp til fjell ligger i området 1-3,5 m. Langs deler av profil 1 (posisjon 55-115 og posisjon 175-230) er oppsprekking i fjell indikert ved forholdsvis lav seismisk hastighet (3500-3850 m/s). Dyp til fjell er på ca. 2,5 m i området der det er planlagt påhugg for tunnel (posisjon 110).

REFRAKSJONSSEISMIKK - METODEBESKRIVELSE

Metoden grunner seg på at lydets forplantningshastighet forandrer seg med mediets elastiske egenskaper. Det aktuelle hastighetsområde i den såkalte ingeniørseismikk er fra ca. 200 m/s i visse typer porøst overdekke til godt over 5000 m/s i enkelte bergarter.

En 'lydstråle' fra en sprengning i overflaten treffer en grense mellom to sjikt hvor lydshastigheten er henholdsvis V_1 og V_2 , og vinkelen mellom lydstråle og innfallslodd kalles i . Etter at strålen har passert sjiktgrensen vil den danne en vinkel R med innfallsloddet, slik at

$$\sin i / \sin R = V_1 / V_2$$

Når $R=90^\circ$, vil den refrakterte stråle følge sjiktgrensen, og vi har

$$\sin i = V_1 / V_2$$

Den bestemte innfallsvinkel som tilfredsstillter denne betingelse kalles kritisk vinkel eller i_c .

Lydforplantningen langs sjiktgrensen vil gi opphav til sekundærbølger som returnerer til terrengoverflaten under vinkelen i_c . I en viss kritisk avstand fra skuddpunktet vil disse refrakterte bølger nå fram før de direkte bølger som har fulgt terrengoverflaten. Den kritiske avstand er proporsjonal med dypet til sjiktgrensen og forøvrig bare avhengig av forholdet mellom de to hastigheter. Denne sammenheng utnyttes ved å plassere seismometre (geofoner) langs en rett linje i terrenget og registrere de først ankomne bølger fra skudd i hensiktsmessig valgte posisjoner langs samme linje. Man får da bestemt de nødvendige data for å fastlegge dypene til sjiktgrensen. Dersom overdekket er homogent med hensyn på lydshastigheten langs profilet, kan det oppnås en god dybdebestemmelse for hver seismometerposisjon. Imidlertid vil det ofte være betydelige laterale variasjoner til stede, og overdekkehastighetene blir ved små dyp bare bestemt i nærheten av skuddpunktene. Ofte vil det derfor være naturlig å legge størst vekt på dybdebestemmelsen under skuddpunktene.

Disse betraktninger kan utvides til å gjelde flere sjiktgrenser. Man får refrakterte bølger fra alle grenser når hastigheten i det underliggende medium er større enn i det overliggende. Kontrasten må være av en viss størrelse, og vinkelen mellom sjiktgrense og terrengoverflate må ikke være for stor. I praksis vil man ofte få vanskeligheter når denne vinkel overstiger 25° .

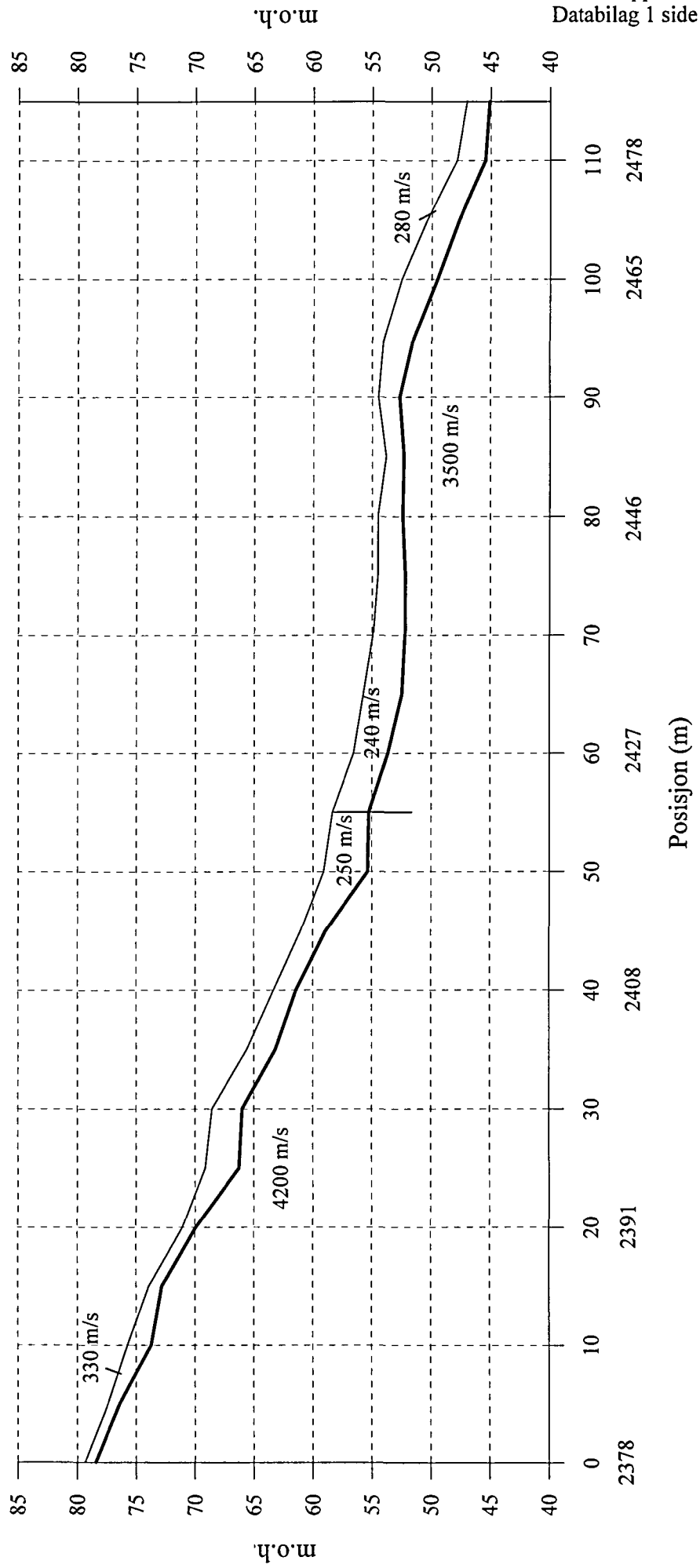
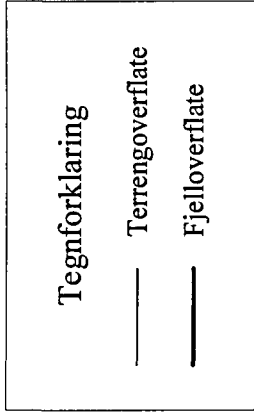
Det forekommer at en sjiktgrense ikke avspeiler seg i gangtidsdiagrammene, fordi de refrakterte bølger fra denne grense når overflaten seinere enn fra en dypere grense. Det foreligger da en såkalt 'blind sone', og de virkelige dyp kan være vesentlig større enn de beregnete. En annen feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det ikke komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnete dyp øker med antall sjikt. Med analog apparatur vil en kunne bestemme første ankomsttid med en usikkerhet på 1 millisekund ved middels god opptaks kvalitet. Hvis overdekkehastigheten er 1600 m/s, tilsvarer dette en usikkerhet på ca. 0.8 m i dybdebestemmelsen på grunn av avlesningsfeil. I tillegg kommer eventuelle feil på grunn av at forutsetningene om isotropi og homogenitet ikke gjelder fullt ut.

Ved meget god datakvalitet kan første ankomsttid avleses med 0.5 millisekunders nøyaktighet. Med denne nøyaktigheten er det allikevel urealistisk å regne med mindre enn 0.5 m usikkerhet i dybdeangivelsene. Ved meget små dyp til fjell (mindre enn én meter) blir overdekkehastigheten dårlig bestemt, og man må regne med prosentvis store feil i dybdeangivelsene.

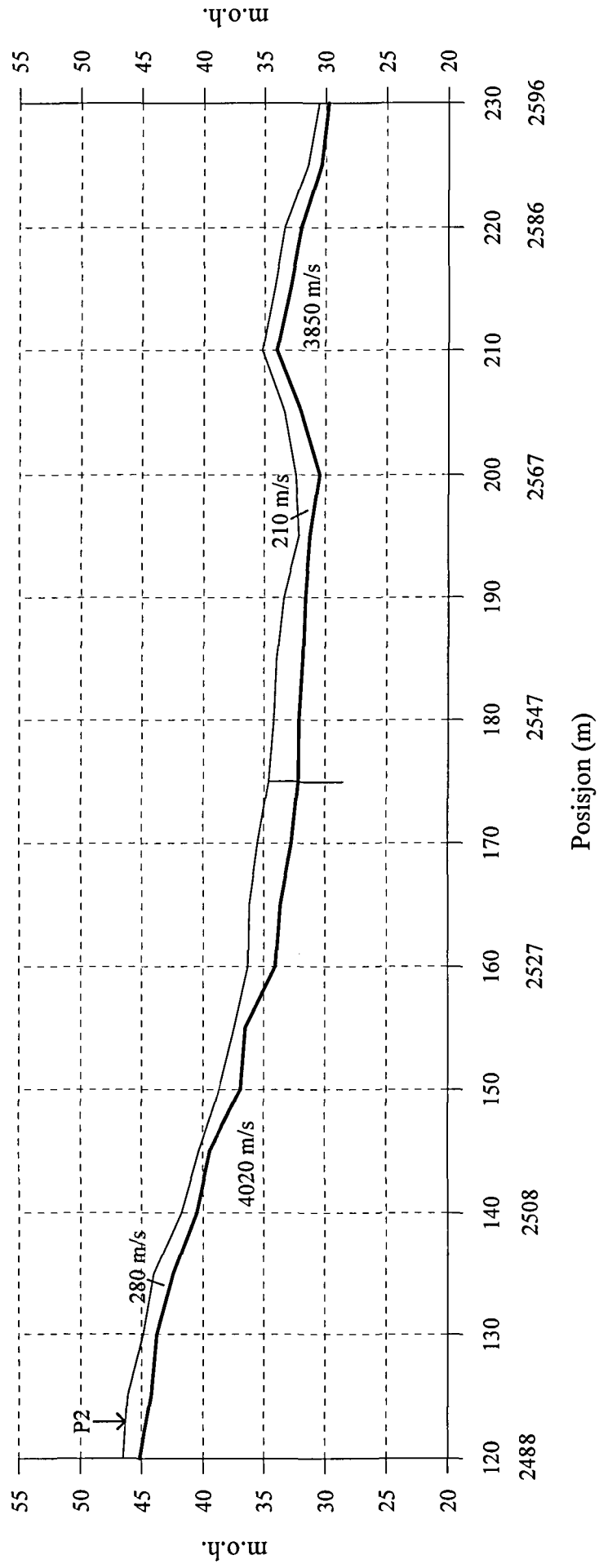
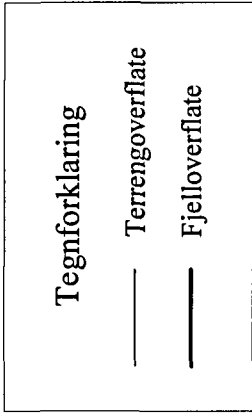
P-BØLGEHASTIGHET I NOEN MATERIALTYPER

<i>Luft</i>		<i>330 m/s</i>
<i>Vann</i>		<i>1400-1500 m/s</i>
<i>Organisk materiale</i>		<i>150-500 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>200-800 m/s</i>
<i>Sand og grus</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1400-1700 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- over vannmettet sone</i>	<i>700-1500 m/s</i>
<i>Morene</i>	<i>- i vannmettet sone</i>	<i>1500-1900 m/s</i>
<i>Hardpakket bunnmorene</i>		<i>1900-2800 m/s</i>
<i>Leire</i>		<i>1100-1800 m/s</i>
<i>Oppsprukket fjell</i>		<i>< 4000 m/s</i>
<i>Fast fjell</i>		<i>3500-6000 m/s</i>

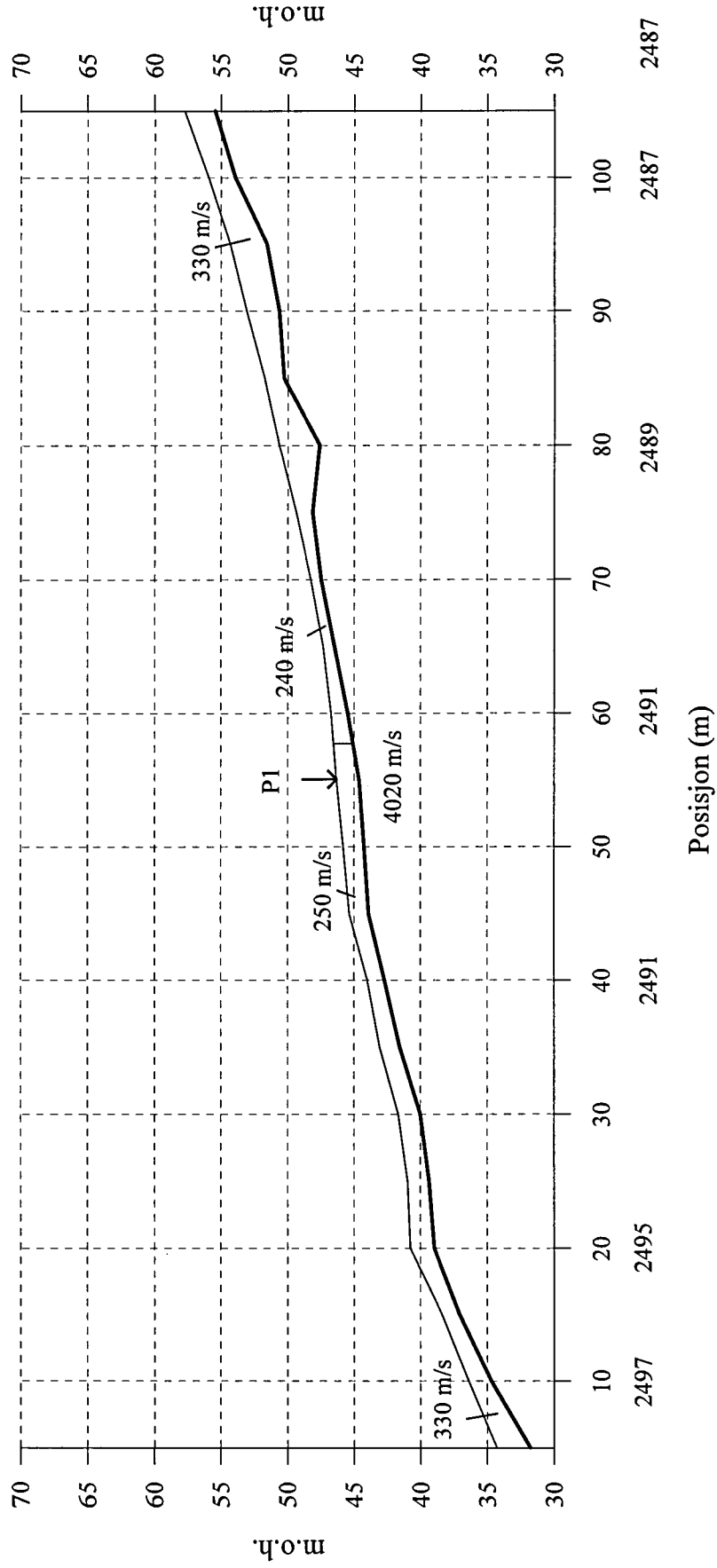
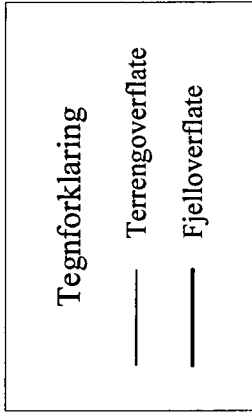
Tolkning av refraksjonsseismisk profil 1



Tolkning av refraksjonsseismisk profil 1, forts.



Tolkning av refraksjonsseismisk profil 2



Koordinater, dyp til fjell og høyde over havet for terreng- og fjelloverflate, profil 1

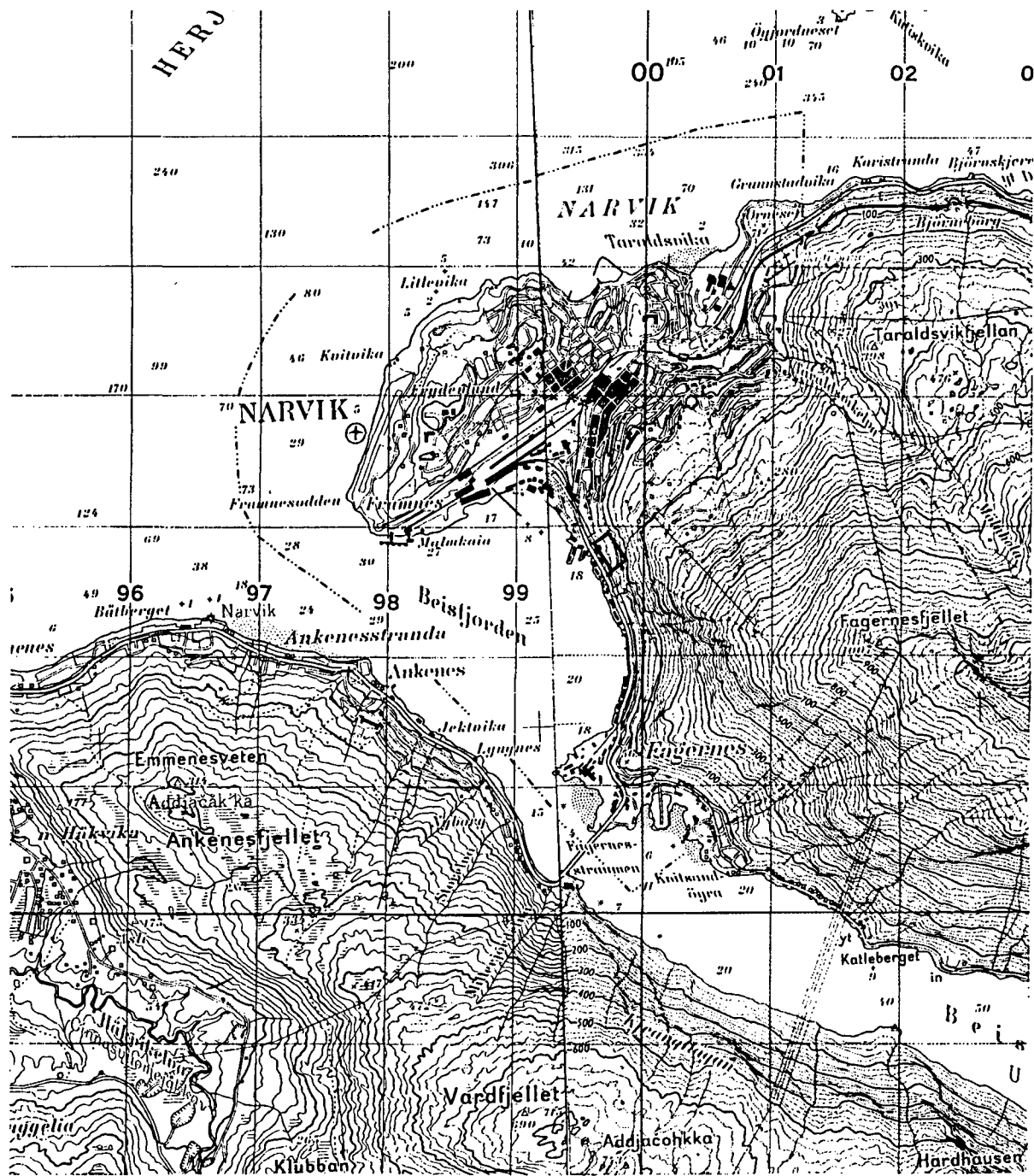
Første kolonne angir koordinat som oppdragsgiver har definert (i følge nivellement-data). Andre kolonne angir høyde over havet for terrengoverflaten. Tredje kolonne angir beregnet dyp til fjell under terrengoverflaten. Fjerde kolonne angir høyde over havet for fjelloverflaten (= kolonne 2 - kolonne 3). Femte kolonne angir egendefinerte koordinater.

2377.91	79.33	0.9	78.43	0
2381.5	77.36	1	76.36	5
2384.5	75.71	2	73.71	10
2387.3	73.92	1.1	72.82	15
2391.03	71.06	1.2	69.91	20
2394.71	69.14	2.9	66.24	25
2399.43	68.57	2.6	65.97	30
2403.59	65.58	2.4	63.18	35
2408.13	63.32	1.9	61.42	40
2412.44	61.03	2.1	58.93	45
2417.03	59.09	3.8	55.34	50
2421.76	58.35	3.1	55.25	55
2426.69	56.55	2.9	53.65	60
2431.15	55.71	3.3	52.46	65
2435.87	54.89	2.7	52.19	70
2440.8	54.5	2.3	52.2	75
2445.65	54.52	2.1	52.42	80
2450.6	53.82	1.5	52.32	85
2455.4	54.47	1.8	52.67	90
2460.35	54.03	2.5	51.53	95
2464.86	52.52	3	49.52	100
2469.27	50.39	2.7	47.69	105
2478.2	47.86	2.4	45.46	110
2483.24	47	1.9	45.1	115
2487.93	46.52	1.4	45.17	120
2493.04	46.13	1.9	44.23	125
2497.8	44.86	1.1	43.76	130
2502.7	44	1.6	42.4	135
2507.57	41.76	1.3	40.51	140
2512.36	40.32	0.9	39.42	145
2516.9	38.63	1.8	36.88	150
2521.91	37.37	0.9	36.47	155
2526.94	36.25	2.2	34.05	160
2531.91	36.17	2.5	33.67	165
2536.83	35.47	2.8	32.72	170
2541.91	34.6	2.4	32.2	175
2546.78	34.19	2.1	32.14	180
2552.06	33.96	2.2	31.81	185
2556.95	33.37	1.8	31.62	190
2561.9	32.14	0.9	31.24	195
2567.21	32.43	2	30.48	200
2571.91	33.34	1.4	31.99	205
2576.81	35.14	1.2	33.94	210
2582.15	34.16	1.3	32.86	215
2586.31	33.31	1.4	31.96	220
2591.06	31.46	1.1	30.36	225
2595.84	30.55	0.8	29.75	230

Koordinater, dyp til fjell og høyde over havet for terreng- og fjelloverflate, profil 2

Første kolonne angir koordinat som oppdragsgiver har definert (i følge nivellement-data). Andre kolonne angir høyde over havet for terrengoverflaten. Tredje kolonne angir beregnet dyp til fjell under terrengoverflaten. Fjerde kolonne angir høyde over havet for fjelloverflaten (= kolonne 2 - kolonne 3). Femte kolonne angir egendefinerte koordinater.

2497.1	34.28	2.5	31.78	5
2497.3	36.37	1.7	34.67	10
2497	38.36	1.3	37.06	15
2495.09	40.75	1.8	38.95	20
2493.94	40.96	1.6	39.36	25
2493.2	41.67	1.7	40.02	30
2492.48	43.07	1.5	41.57	35
2491.16	44	1.3	42.7	40
2490.15	45.33	1.5	43.88	45
2490	45.79	1.6	44.24	50
2490.22	46.31	1.7	44.61	55
2490.57	46.7	1.3	45.45	60
2490.15	47.29	0.9	46.44	65
2489.9	48.23	0.8	47.43	70
2490.13	49.36	1.3	48.11	75
2489.14	50.63	3.1	47.58	80
2487.91	51.73	1.5	50.28	85
2487.59	53.09	2.5	50.64	90
2487.26	54.31	2.8	51.56	95
2487.02	55.93	2	53.93	100
2487.07	57.75	2.3	55.45	105



▭ Undersøkt område

STATENS VEGVESEN NORDLAND
OVERSIKTSKART

FAGERNES, NARVIK

NARVIK KOMMUNE, NORDLAND

MÅLESTOKK

1:50 000

MÅLT TL

TEGN EM

TRAC

KFR

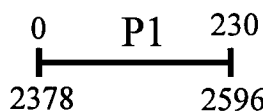
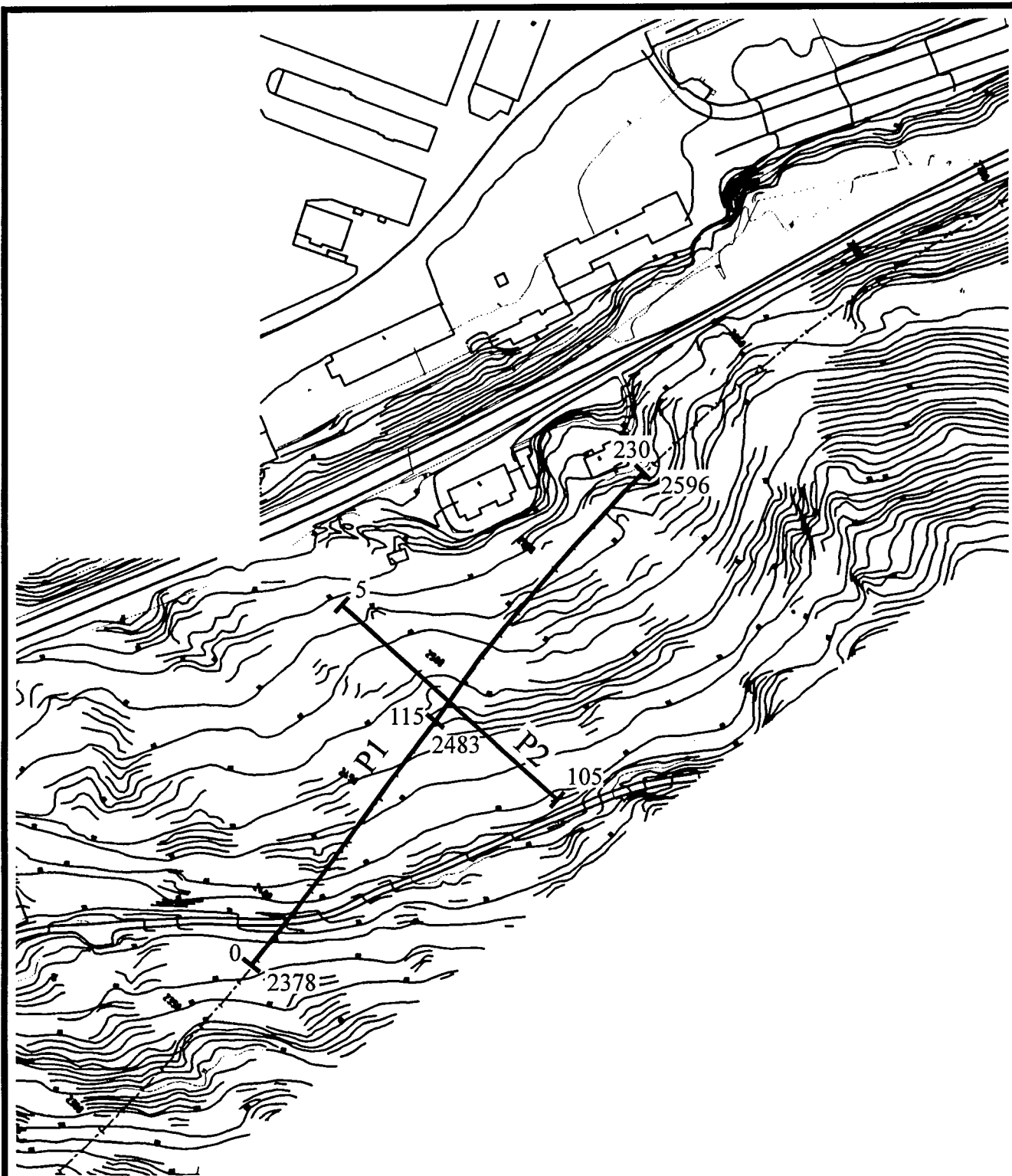
Nov. -95

Nov. -95

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
95.141-01

KARTBLAD NR
1331 I, 1431 IV



Refraksjonsseismisk profil med start- og ende koordinater
(egendefinerte koordinater over profil, koordinater definert av oppdragsgiver under profilet)

STATENS VEGVESEN NORDLAND
REFRAKSJONSSEISMISKE PROFILER

FAGERNES, NARVIK

NARVIK KOMMUNE, NORDLAND

MÅLESTOKK

1:2000

MÅLT TL

TEGN EM

TRAC

KFR

Nov. -95

Nov. -95

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE
TRONDHEIM

TEGNING NR
95.141-02

KARTBLAD NR
1431 IV