

NGU Rapport 2001.091

Refraksjonsseismisk undersøkelse av
skredkjegle ved Fjøsдалen, Flakstad kommune

Rapport nr.: 2001.091		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Refraksjonsseismisk undersøkelse av skredkjegle ved Fjøsdaalen, Flakstad kommune			
Forfatter: Jan Fredrik Tønnesen		Oppdragsgiver: Statens vegvesen Nordland	
Fylke: Nordland		Kommune: Flakstad	
Kartblad (M=1:250.000) Bodø		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000) 1830 I Lofotodden	
Forekomstens navn og koordinater: Fjøsdaalen 33W 42380 754200		Sidetall: 15	Pris: 35,-
Feltarbeid utført: 29.-30.08.2001		Rapportdato: 28.09.2001	Prosjektnr.: 256201
		Ansvarlig: <i>M.A. Svellmark</i>	
Sammendrag:			
<p>De refraksjonsseismiske målingene ved Fjøsdaalen i Flakstad kommune er utført på oppdrag fra Statens vegvesen Nordland. Hovedformålet med målingene var å bestemme dyp til fjell under en skredkjegle ovenfor hovedvegen (E10) i forbindelse med vurdering av skredsikringstiltak. Målingene omfatter 3 parallelle profiler fra vegen og oppover avsetningene mot bart fjell i overkant av skredavsetningene.</p> <p>Tolkningene viser at tykkelsen av skredavsetningene over fjell stort sett varierer mellom 4 og 8 m langs de to sørligste profilene, mens løsmassetykkelsen langs det nordligste profilet er betydelig mindre og varierer fra knapt 1 m til maksimalt vel 3 m. Lave seismiske hastigheter i løsmassene indikerer at skredavsetningene i hovedsak består av løst lagret materiale med lavt vanninnhold. Det er ikke umulig at det like over fjelloverflaten kan opptre løsmasselag med høyere seismisk hastighet, men at laget er for tynt til at det vil være synlig i registreringene. Hvis et slikt lag finnes, vil løsmassetykkelsene kunne være inntil 60 % større enn profiltolkningene viser.</p>			
Emneord: Geofysikk	Refraksjonsseismikk	Løsmasse	
Skred			
		Fagrapport	

INNHOOLD

1. INNLEDNING.....	4
2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE	4
3. RESULTATER	4
4. KONKLUSJON.....	6

TEKSTBILAG

1. Refraksjonsseismikk – metodebeskrivelse

DATABILAG

1. Planoversikt innmålte punkt (geofonplassering og skuddpunkt)
2. Geografiske koordinater og høyde for geofoner og skuddpunkt
3. Tolkning refraksjonsseismisk profil L1
4. Tolkning refraksjonsseismisk profil L2
5. Tolkning refraksjonsseismisk profil L3

KARTBILAG

- 01 Oversiktskart Fjøsdaalen - lokalisering refraksjonsseismiske profiler (M 1:5000)

1. INNLEDNING

De refraksjonsseismiske målingene ved Fjøsdaalen i Flakstad kommune er utført på oppdrag fra Statens vegvesen Nordland. Hovedformålet med målingene var å bestemme dyp til fjell under en skredkjegle ovenfor hovedvegen (E10) i forbindelse med vurdering av skredsikringstiltak. Overflaten av de undersøkte løsmasseavsetningene var for en stor del dekket av lav vegetasjon, dvs. gress, lyng og bregner. Målingene omfatter 3 parallelle profiler fra vegen og oppover avsetningene mot bart fjell i overkant av skredavsetningene. Lokaliseringen av profilene er vist på oversiktskart i kartbilag -01. To av profilene er 110 m lange, mens det nordligste er begrenset til 85 m. Målingene ble gjennomført 29.-30. august 2001 av forsker Jan Fredrik Tønnesen (NGU) sammen med Marianne Eilertsen og Finn Mortensen fra oppdragsgiver.

2. MÅLEMETODE OG UTFØRELSE

En generell beskrivelse av refraksjonsseismiske målinger er vist i tekstbilag 1. Som registreringsinstrument ble det benyttet en ABEM Terraloc MK6. For alle profilene er det benyttet ett 12-kanals kabelutlegg. For de to profilene med lengde 110 m (L1 og L2) var geofonavstanden 10 m langs kabelutlegget, men med innkorting til 5 m i hver ende. Skuddpunkt ble plassert 5 m ut fra hver endegeofon samt ett ved midten av utlegget, slik at skuddpunktavstanden langs profilene ble 55 m. I tillegg ble det plassert fjernskudd i større avstand fra profilene for å få best mulig måledekning av fjellrefraktor langs profilene. For nedre halvdel av kabelutlegget langs profil L3 er geofonavstander og skuddpunktavstand som i de to andre profilene, mens geofonavstander er halvert langs øvre del av kabelutlegget med endeskudd 2,5 meter fra øverste geofon. Det er ikke plassert noe fjernskudd ved øverenden da fjelloverflaten kommer opp i dagen noen få m fra endeskuddet. Dynamitt ble brukt for energisering. Datakvaliteten på seismikkopptakene var med noen unntak gjennomgående god.

Lokalisering og høyde over havet for alle geofonene og skuddpunktene er innmålt av oppdragsgiver. I databilag 1 er vist en planoversikt over alle de innmålte punktene. I databilag 2 er geografiske koordinater og høyde over havet for alle punktene vist. Koordinatene er beregnet ut fra akse 4 i NGO1948-systemet. Koordinatene er også blitt omregnet til UTM-systemet (EU89, sone 33).

3. RESULTATER

Geofysisk tolkning av de tre profilene er vist i databilag 3 for profil L1, databilag 4 for L2 og databilag 5 for L3.

Langs alle profilene er det i utgangspunktet bare registrert ett seismisk hastighetslag i løsmassene over fjell. Hastigheten i løsmassene synes å variere i området 340-500 m/s. Hastigheten er bare bestemt nærmest skuddpunktene, men på grunn av relativ stor geofonavstand i forhold til løsmassetykkelsen, er beregningene noe usikre. Det kan også

opptre hastighetsvariasjoner for øvrig langs profilene på grunn av antatt inhomogene avsetninger. For beregning av dyp til fjell er intercept-tider og +/- -metoden benyttet. Dyp til fjell er beregnet som tykkelsen av løsmassene målt normalt ned på fjelloverflaten. På grunn av steil helning på profilene vil vertikalt dyp til fjell være noe større. Dersom hastighetsverdiene for løsmassene er representative, regnes usikkerheten i dypet til fjell å være ± 1 m, mens den kan tenkes å være opptil ± 2 m dersom det er større inhomogeniteter i løsmassene.

Langs profil L1 (databilag 3) varierer løsmassetykkelsen fra knapt 4 m til vel 8 m, med de tynneste avsetningene i øverste del av profilet og de tykkeste rundt midten og 10-20 m ovenfor nedenden. Fjelloverflaten skråner nedover fra ca. 70 m o.h. ved øverenden av profilet til 21-22 m o.h. ved nedenden.

Langs profil L2 (databilag 4) varierer løsmassetykkelsen fra 4,5 m til vel 8 m, med de tynneste avsetningene 10-20 m fra øverenden av profilet og de tykkeste rundt 20 m fra nedenden. Fjelloverflaten skråner ned fra 75-76 m o.h. ved øverenden av profilet til 25-26 m o.h. ved nedenden.

Langs profil L3 (databilag 5) er løsmassetykkelsen betydelig mindre enn i de to andre profilene og varierer fra under 1 m og opp til vel 3 m. Avsetningene er tynneste ved midten av profilet og tykkeste ved nedenden. Fjelloverflaten skråner ned fra 68-69 m o.h. ved øverenden av profilet til 25-26 m o.h. ved nedenden og den har steilest skråning i området like nedenfor midten (posisjon 28-36 m i profilet).

Den gjennomgående lave seismiske hastigheten i løsmasselaget indikerer at skredavsetningene består av forholdsvis løst pakket materiale med lavt vanninnhold. Det er mulig at det over fjelloverflaten kan ligge et løsmasselag med betydelig høyere seismisk hastighet, men at det er for tynt til at det vil framgå av måledata. I profil L1 og L2 er det ved skuddpunktene beregnet hvor tykt et slikt lag i "blind sone" kan være hvis seismisk hastighet i laget er på 2000 m/s. (En slik hastighet kan representere godt pakket og muligens vannmettet bunnmorene.) Total løsmassetykkelse vil da kunne være opptil 4-5 m større enn beregnet med ett hastighetslag i løsmassene, og fjelloverflaten vil ligge tilsvarende lavere enn beregnet. Dersom seismisk hastighet for lag i "blind sone" er lavere (for eksempel 1500 eller 1000 m/s) vil maksimal feil i beregnet total løsmassetykkelse være mindre, mens overflaten av laget vil ligge noe grunnere enn beregningene i databilagene antyder.

Langs profilene L1 og L2 er seismisk hastighet i fjellgrunnen beregnet å ligge rundt 4900 m/s, noe som tyder på jevnt over massivt fjell med liten oppsprekking på tvers av profilretningen. Langs profil L3 synes seismisk hastighet i fjell å variere betydelig. Langs nedre del (posisjon 0-48 m) indikerer hastigheten på rundt 5000 m/s massivt fjell. Området posisjon 48-60 m synes å ha en seismisk hastighet på bare ca. 3000 m/s og indikerer en markert svakhetssone med antatt betydelig oppsprekking. Forholdsvis lav hastighet langs øverste del av profilet (4300 m/s) tyder på at det også der kan være noe oppsprekking.

4. KONKLUSJON

Ved Fjøsdaalen er det målt tre parallelle refraksjonsseismiske profiler oppover en skredkjegle, fra like ovenfor hovedvegen (E10) og oppover mot bart fjell i overkant skredavsetningene. Tolkningene viser at tykkelsen av skredavsetningene over fjell stort sett varierer mellom 4 og 8 m langs de to sørligste profilene, mens løsmassetykkelsen langs det nordligste profilet er betydelig mindre og varierer fra knapt 1 m til maksimalt vel 3 m. Lave seismiske hastigheter i løsmassene indikerer at skredavsetningene i hovedsak består av løst lagret materiale med lavt vanninnhold. Det er ikke umulig at det like over fjelloverflaten kan opptre løsmasselag med høyere seismisk hastighet, men at laget er for tynt til at det vil være synlig i registreringene. Hvis et slikt lag finnes, vil løsmassetykkelsene kunne være inntil 60 % større enn profiltolkningene viser.

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 lydhastigheten 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 innfallslodden, 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 tilfredsstiller 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 lydhastigheten 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 beregnede. En annen

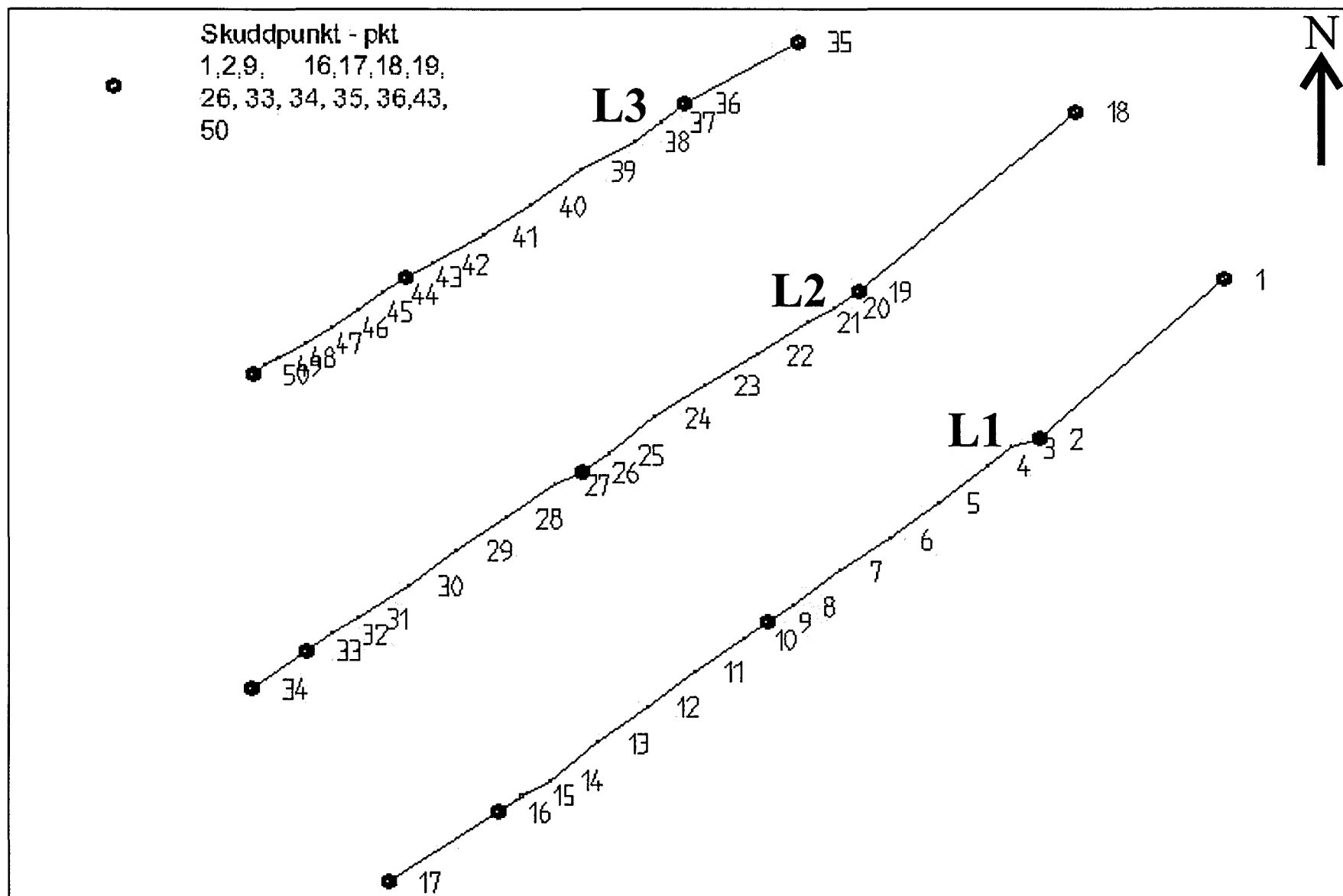
feilkilde er til stede hvis man har et sjikt med lavere hastighet enn det overliggende. Fra denne sjiktgrense vil det ikke komme refrakterte bølger til overflaten, og lavhastighetssjiktet vil ikke kunne erkjennes av måledata. Generelt kan det sies at usikkerheten i de beregnede dyp øker med antall sjikt. 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 bunmorene</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>

Planoversikt innmålte punkt (geofonplassering og skuddpunkt) langs profilene L1, L2 og L3



Geografiske koordinater og høyde for geofoner og skuddpunkt langs profiler

Refleksjonsseismisk profil L1

Pkt. nr.	Sk.pkt. Geofon	NGO1948(Akse-4)		EU89-UTM(Sone-33)		Høyde m o.h.
		Nord	Øst	Nord	Øst	
1	Sp(-39m)	1112505.5361	-1535.3389	7542013.7937	423858.1033	19.3290
2	Sp(0m)	1112480.7570	-1564.0650	7541989.8590	423828.6859	25.6790
3	G1(5m)	1112479.3230	-1568.2390	7541988.5461	423824.4737	27.6060
4	G2(10m)	1112476.4690	-1572.2360	7541985.8092	423820.3976	29.7260
5	G3(20m)	1112470.7159	-1579.9390	7541980.2819	423812.5348	33.6380
6	G4(30m)	1112465.1520	-1587.3850	7541974.9362	423804.9343	37.8530
7	G5(40m)	1112460.2531	-1595.1930	7541970.2655	423796.9912	42.6420
8	G6(50m)	1112454.7830	-1602.5880	7541965.0121	423789.4444	46.8740
9	Sp(55m)	1112452.4470	-1606.4060	7541962.7876	423785.5620	49.4380
10	G7(60m)	1112449.6570	-1610.2560	7541960.1104	423781.6346	51.1700
11	G8(70m)	1112444.6281	-1618.0480	7541955.3093	423773.7037	55.3970
12	G9(80m)	1112439.1240	-1625.3780	7541950.0201	423766.2209	60.1970
13	G10(90m)	1112433.6379	-1633.0410	7541944.7584	423758.4058	64.1580
14	G11(100m)	1112427.7440	-1640.3880	7541939.0802	423750.8947	68.5510
15	G12(105m)	1112425.4800	-1644.6830	7541936.9414	423746.5378	70.9680
16	Sp(110m)	1112422.9740	-1648.5110	7541934.5473	423742.6405	73.0400
17	Sp(132m)	1112412.0341	-1665.5820	7541924.1064	423725.2675	81.3070

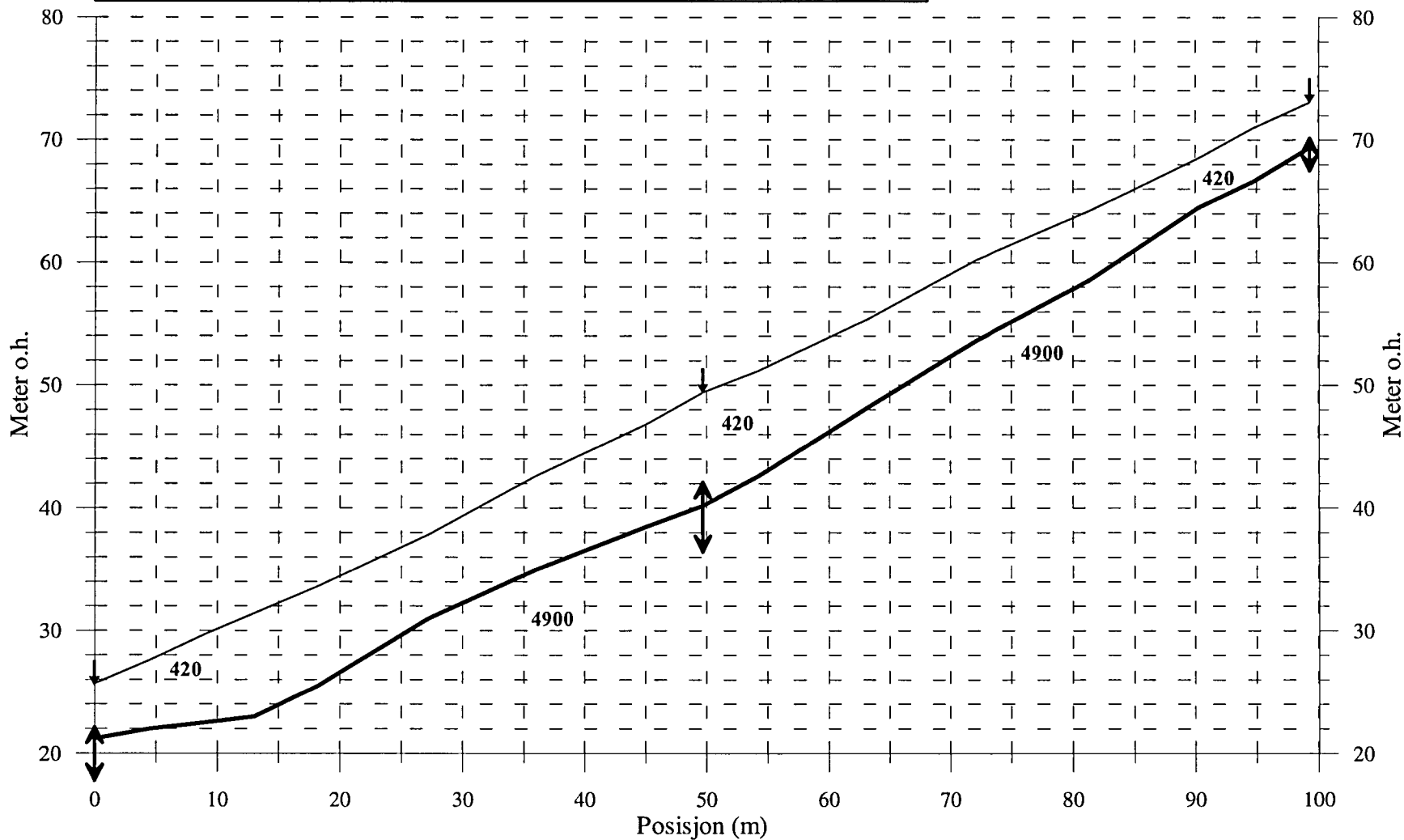
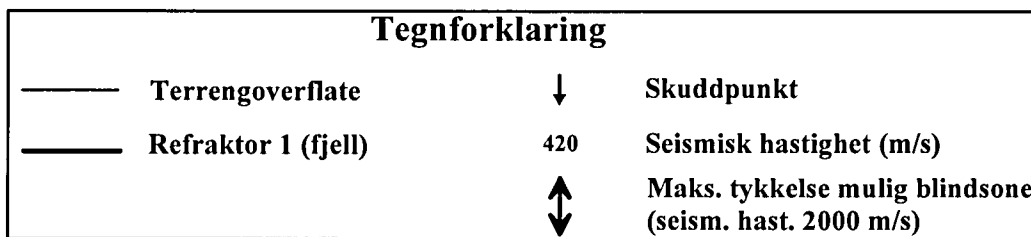
Refleksjonsseismisk profil L2

Pkt. nr.	Sk.pkt. Geofon	NGO1948(Akse-4)		EU89-UTM(Sone-33)		Høyde m o.h.
		Nord	Øst	Nord	Øst	
18	Sp(-49m)	1112531.6021	-1558.2450	7542040.4993	423835.9635	9.7120
19	Sp(0m)	1112503.6010	-1592.0910	7542013.4922	423801.3373	32.0970
20	G1(5m)	1112501.0160	-1596.1180	7542011.0250	423797.2389	34.2470
21	G2(10m)	1112498.8459	-1600.2750	7542008.9760	423793.0226	36.8330
22	G3(20m)	1112493.7980	-1608.2480	7542004.1612	423784.9103	41.1390
23	G4(30m)	1112489.0540	-1616.3700	7541999.6542	423776.6579	45.0770
24	G5(40m)	1112483.9550	-1624.0500	7541994.7799	423768.8369	49.3860
25	G6(50m)	1112478.2250	-1631.3480	7541999.6542	423776.6579	53.6690
26	Sp(55m)	1112475.5460	-1635.3140	7541986.7010	423757.3394	55.6510
27	G7(60m)	1112473.6639	-1639.7980	7541984.9493	423752.8046	57.4710
28	G8(70m)	1112468.4750	-1647.3120	7541979.9803	423745.1469	62.6090
29	G9(80m)	1112463.3810	-1655.1760	7541975.1162	423737.1422	67.0890
30	G10(90m)	1112457.9940	-1662.6070	7541969.9469	423729.5618	72.1710
31	G11(100m)	1112452.9460	-1670.5610	7541965.1314	423721.4685	76.7290
32	G12(105m)	1112450.4830	-1674.4940	7541962.7833	423717.4676	79.0390
33	Sp(110m)	1112447.8940	-1678.4030	7541960.3087	423713.4870	81.6320
34	Sp(121m)	1112441.9590	-1686.8040	7541954.6196	423704.9215	86.8680

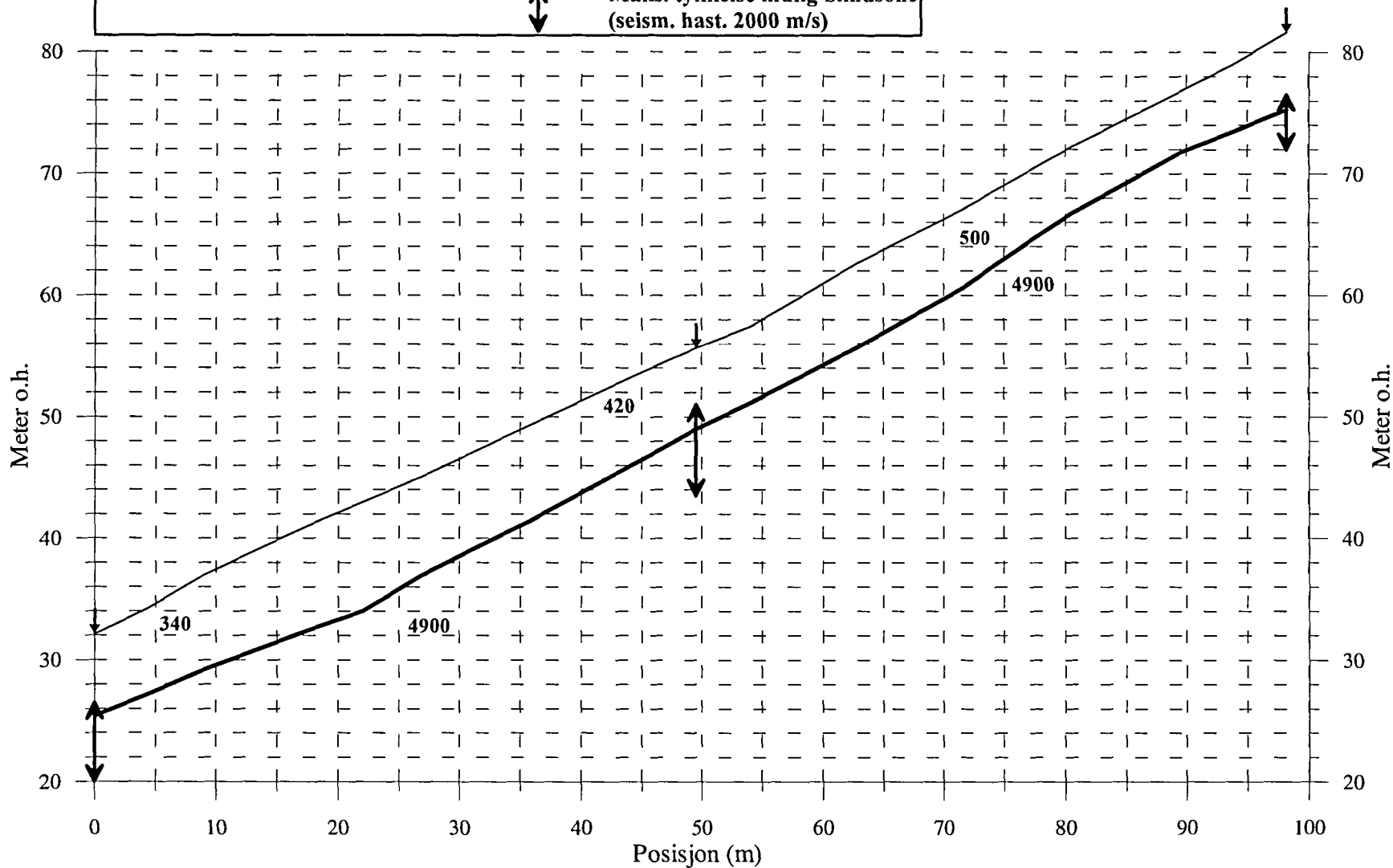
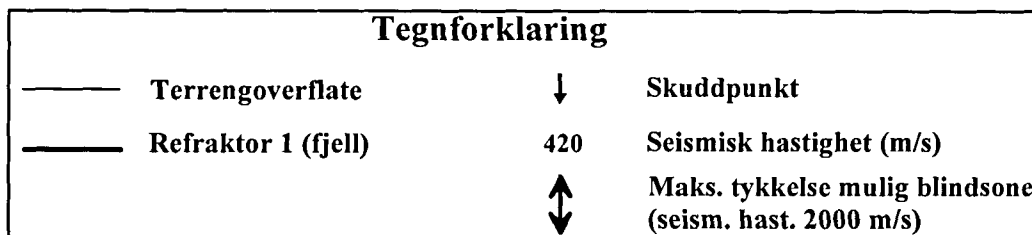
Refleksjonsseismisk profil L3

Pkt. nr.	Sk.pkt. Geofon	NGO1948(Akse-4)		EU89-UTM(Sone-33)		Høyde m o.h.
		Nord	Øst	Nord	Øst	
35	Sp(-22m)	1112542.4120	-1601.5820	7542052.5476	423792.9692	18.4560
36	Sp(0m)	1112532.9449	-1619.1980	7542043.5941	423775.0940	29.5200
37	G1(5m)	1112529.9340	-1623.1240	7542040.6984	423771.0843	31.3400
38	G2(10m)	1112526.9740	-1627.0990	7542037.8549	423767.0271	33.5120
39	G3(20m)	1112522.4310	-1635.4890	7542033.5565	423758.5126	37.0500
40	G4(30m)	1112516.9530	-1643.4970	7542028.3129	423750.3530	41.3360
41	G5(40m)	1112512.3370	-1650.8340	7542023.9113	423742.8887	47.6990
42	G6(50m)	1112507.9340	-1658.8310	7542019.7415	423734.7710	53.2240
43	Sp(55m)	1112505.8920	-1662.8300	7542017.8161	423730.7162	55.9990
44	G7(60m)	1112503.3630	-1666.6860	7542015.3998	423726.7903	58.3080
45	G8(65m)	1112500.5790	-1670.5730	7542012.7297	423722.8261	60.6340
46	G9(70m)	1112498.0210	-1674.4600	7542010.2853	423718.8684	62.8380
47	G10(75m)	1112495.5750	-1678.5860	7542007.9598	423714.6751	64.8100
48	G11(80m)	1112493.3550	-1682.6280	7542005.8577	423710.5723	67.0080
49	G12(82.5m)	1112492.2040	-1684.8150	7542004.7704	423708.3538	68.4670
50	Sp(85m)	1112490.8669	-1686.6110	7542003.4860	423706.5206	69.8710

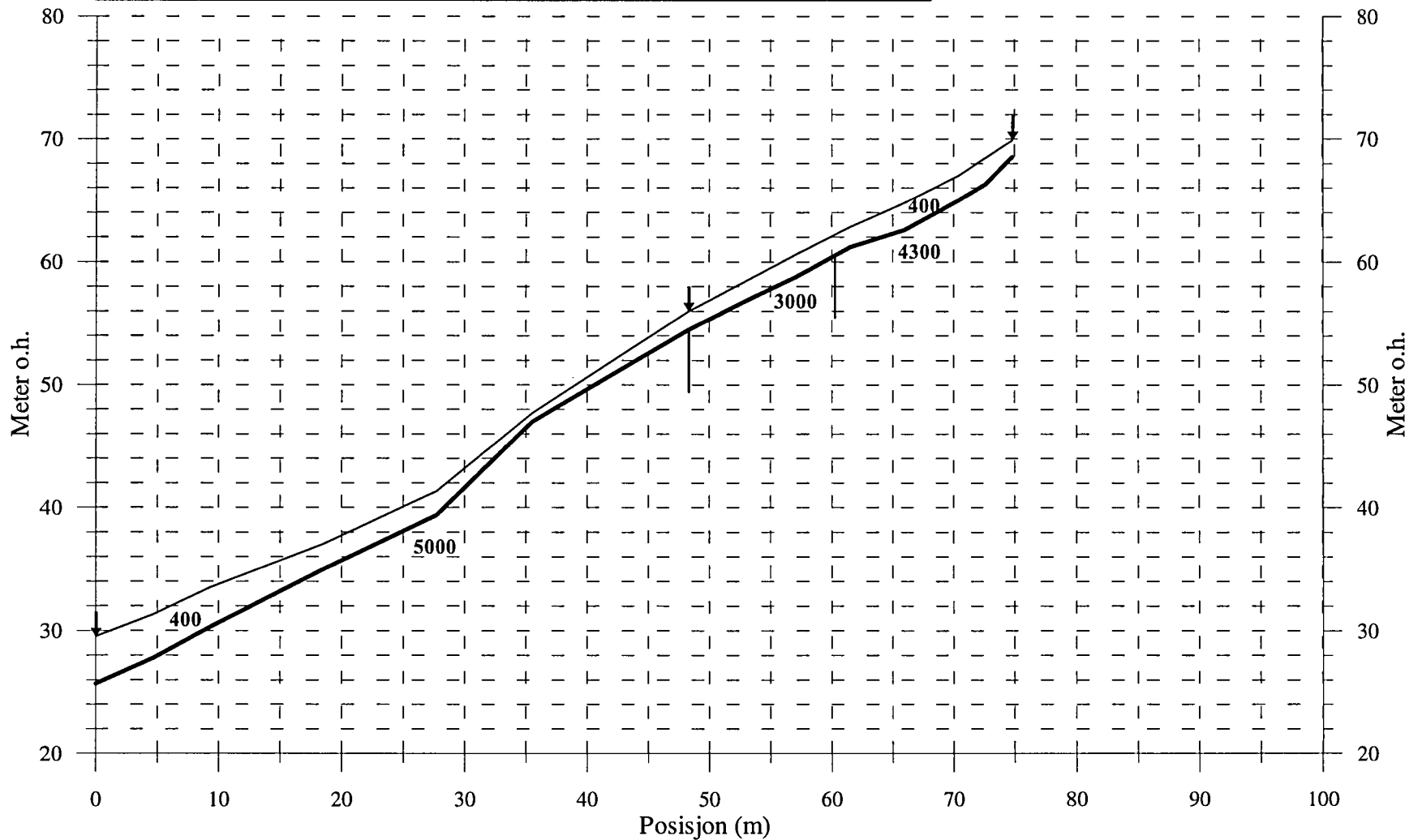
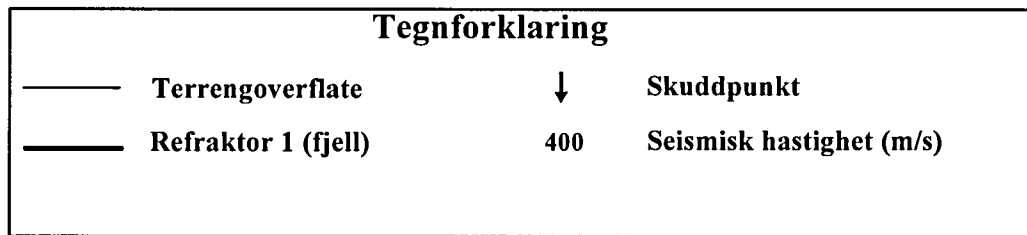
Fjøsdaalen, Flakstad kommune, refraksjonsseismisk profil L1

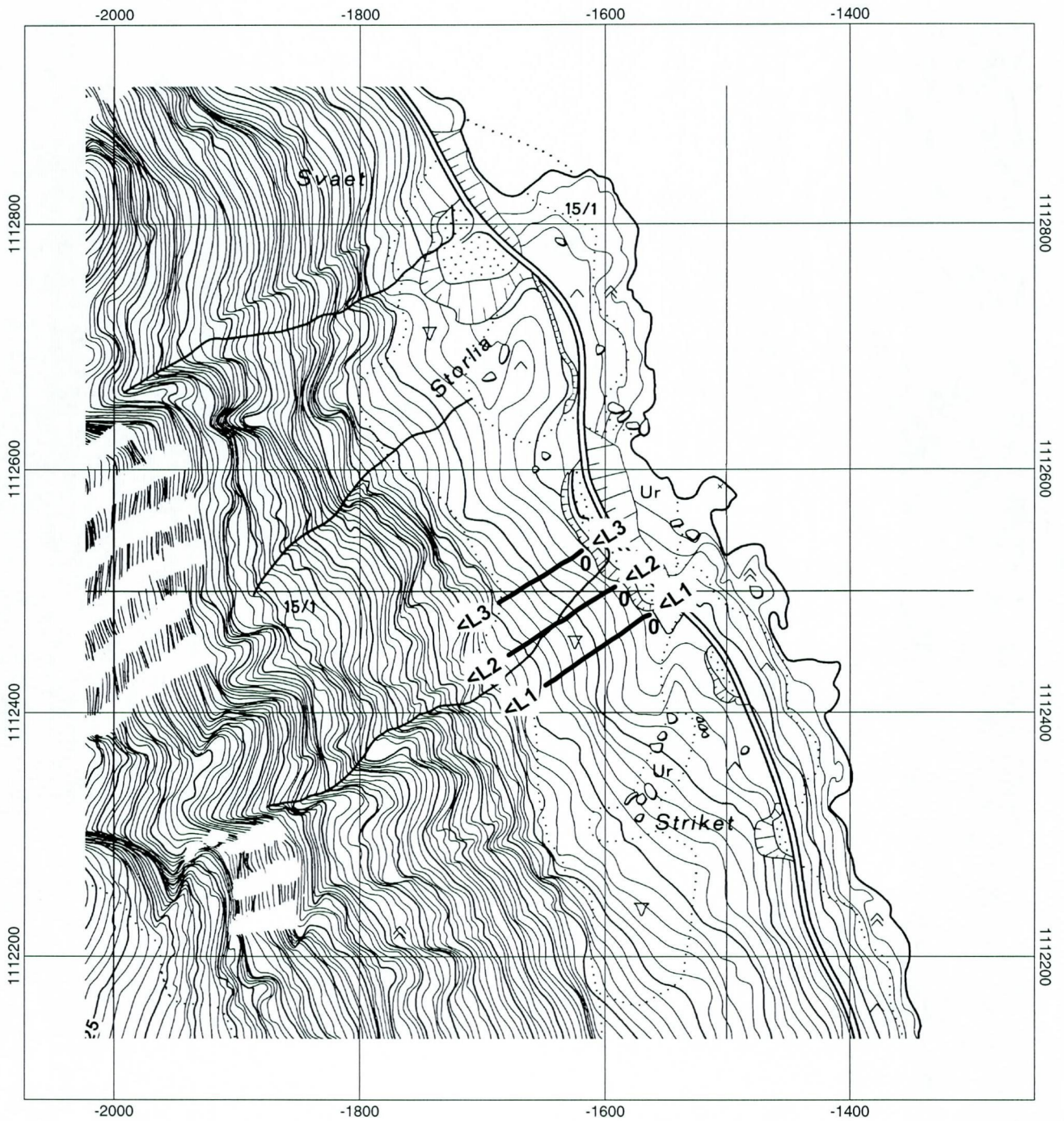


Fjøsdaalen, Flakstad kommune, refraksjonsseismisk profil L2



Fjøsdaalen, Flakstad kommune, refraksjonsseismisk profil L3





FJØSDALEN

Refraksjonsseismiske profiler

Datum: NGO 1948 Akse 4

NGU Rapport 2001.091

Kartbilag -01

