

**Bylgjubrotsmælingar á vegstæði í Gufufirði
nóvember 2002**

**Karl Gunnarsson,
Sigurlaug Hjaltadóttir,
Hjálmar Eysteinnsson**

Greinargerð KG-SH-HEy-2002-11

Bylgjubrotsmælingar á vegstæði í Gufufirði – nóvember 2002

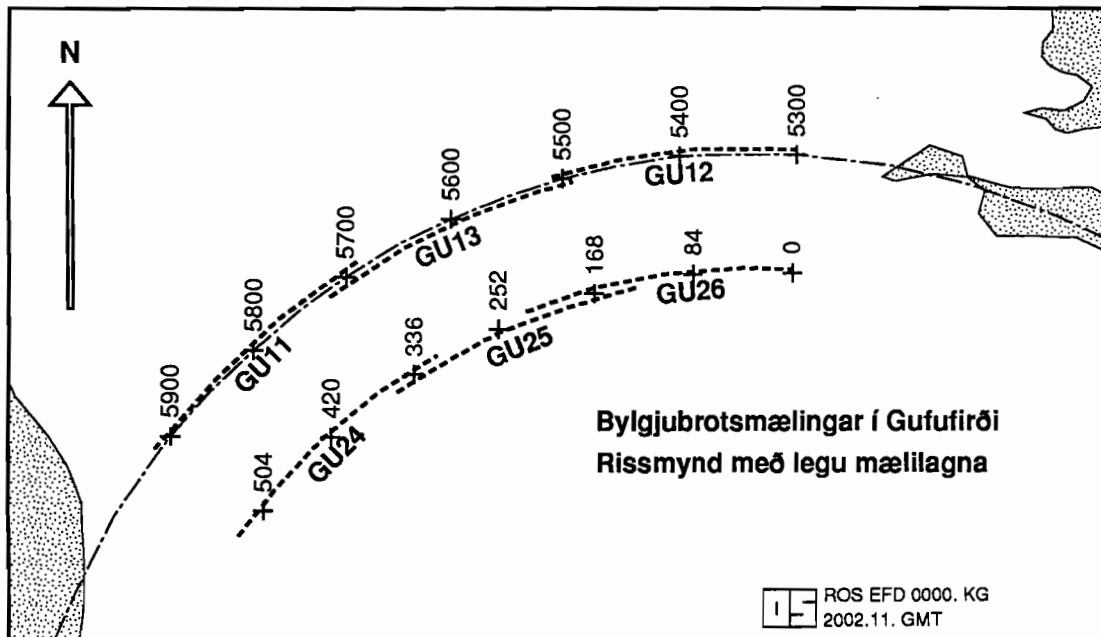
Karl Gunnarsson, Sigurlaug Hjaltadóttir og Hjálmar Eysteinnsson

Inngangur

Rannsóknasvið Orkustofnunar (ROS) gerði að beiðni Vegagerðar Ríkisins, bylgjubrotsmælingar á hluta fyrirhugaðs vegstæðis yfir mynni Gufufjarðar á Barðaströnd dagana 4.-8. nóvember 2002. Tilgangur mælinganna var að kanna þykkt setlaga eða lausra jarðefna ofan á klöpp á 600 m löngum búi á veglínu í firðinum og á annarri samhliða línu 100 m utar eða sunnar, eins og sjá má á kortinu á 1. mynd, sem er einungis gróf rissmynd.

Mælingar önnuðust Karl Gunnarsson og Hjálmar Eysteinnsson (ROS). Um staðsetningar með GPS-tækni sáu Oddur Jónsson og Ragnar Þrastarson (Vegagerðin) og þeir aðstoðuð einnig við framkvæmd bylgjubrotsmælinganna.

Ekki munu aðrar rannsóknir hafa verið gerðar á setlagabykkt á þessum línunum en nýlega mun hafa verið borað á ís innar í firðinum, þar sem fannst allt að 18 m dýpi á klöpp, að sögn vegagerðarmanna.



Mynd 1 Mælingaasvæði á fyrirhugaðri veglínu yfir mynni Gufufjarðar.

Mæliaðferð og framkvæmd

Bylgjubrotsmælingar (seismic refraction) ganga út á að greina sundur jarðlög eftir því hversu hratt hljóð (höggbylgja, P-bylgja) berst um efnið. Hraunlagastaflinn sem myndar klöppina hefur mun meiri hljóðhraða en laus jarðefni eða jafnvel nokkuð límd setlög. Aðferð ROS við mælingar af þessu tagi er á þann hátt að lagður er út 230 m langur kapall með 24 nemum á 10 m bili. Til að auka upplausn má minnka bilið í 5 m en þá styttist lengdin í 115 m. Hljóðmerki er framkallað með sprengiefni með hæfilegu millibili eftir línunni, og út af endum, oft 4-8 skot. Bein bylgja sýnir hraða í yfirborðslagi en brotin bylgja fer eftir klöppinni og gefur upplýsingar um hraðann undir og dýpi.

ROS hefur búnað til að framkvæma slíkar mælingar bæði á landi og í sjó en sjóbúnaðurinn er mun meiri og flóknari og erfiðari viðureignar. Þannig háttar til á mælingasvæðinu í Gufufirði



að fjörðurinn er mjög grunnur og á stórstraumsfjöru þornar hann nær algjörlega í 2-3 klukkustundir, svo einungis verður eftir um 50 m breiður áll að austanverðu. Stórstreymt var um mælingadagana og það tækifæri var nýtt til að gera helming mælinganna á "þurru" landi á fjöru (3 lagnir) en hinar þrjár voru gerðar í sjó.

Mælibúnaður:

- 24-rása mælitæki frá EG&G Geometrics af gerð ES-2401.
- Botnstrengur frá Mark Products ltd. með 24 hydrófónum með 10m bili, ásamt sprengistöðvakerfi Orkustofnunar.
- Tveir 12 nema landkaplar frá Mark Products ltd. með 10 m tengjabili; 24 nemar.
- Sprengihleðslur minni en 100 g notaðar sem merkisgjafar. Hleðslurnar voru leiddar niður að botnstreng frá sprengibáti með útbúnaði Orkustofnunar.
- Þráðlaus fjarskipta-gikkur Orkustofnunar, sem hleypir af stað skráningu á augnabliki sprengingar.
- Tveir gúmbátar voru notaðir, þar af einn stór (heldur of stór) frá Vegagerðinni.

Við mælingu á landi var sprengt a.m.k á 4 stöðum með 80 m millibili: 5 m utan enda-nema og mitt á milli nema 8 og 9 og nema 16 og 17. Að auki var sprengt um 40 m utan við enda ef setþykkt var veruleg. Með þessu móti fást 6 mælingar á hraða í yfirborðslagi og næsta öruggt að brotna bylgjan skráist alls staðar línunni, sem gefur samfellda lausn á dýpi og hraða í klöppinni eftir allri lögninni.

Við mælingu á sjó var sprengt við strenginn á 5 stöðum með 60 m millibili. Ætla má að sprengjur hafi verið um 20-50 cm ofar botni. Ekki var þörf á að sprengja langt út af endum þar sem yfirborðslagið er þunnt og lagnirnar sköruðust verulega. Mistök við lagningu urðu þess valdandi að austasta skotið í lögn GU12 vantar. Í þessari lögn eru einnig 2 austustu (síðustu) nemarnir óvirkir þar sem þeir komust ekki fyrir utan enda línu. Austasta skot í GU26 var gert við staðsetningabauju í stöð 0 í stað venjulegs skotpunkts í enda kapals.

Uppsetningar lagnanna 6 og afstöðu mæлилínanna má sjá á kortinu á 1. mynd. Á sniðunum á 2. mynd má einnig sjá hvernig lagnirnar liggja og skarast. Þar er merkt staða 24 nema, merktum frá 0 upp í 23. Þessi númer samsvara fjarlægðum 0 upp í 230 m eftir lögn í meðfylgjandi myndum. Sprengistaðir eru einnig merktir með stjörnum. Eftirfarandi tafla gefur upplýsingar um staðsetningu lagna á sniðunum. Hnitin x-0 í töflunni gefa stöð í mæлилínu fyrir nema "0" (1. nema) í hverri lögn.

Lagnir	x-0	stefna	tegund
GU11	5915	au	land
GU13	5723	au	sjó
GU12	5508	au	sjó
GU24	535	au	land
GU25	420	au	land
GU26	0	ve	sjó

Staðsetningar:

Staðsetningar á veglínunni (innri lína; Lína 1) fengust með því að miða við 7 niðurhælaðar baujur sem settar voru út af Vegagerðarmönnum með GPS-mælingu á 100 m bili eftir línunni, frá staðsetningu 5300m til 5900m. Þessir punktar eru merktir á kortið og sniðin (myndir 1 og

2). Veglína með lengdarhnitum í metrum sést á kortinu á 1. mynd, en við þau er miðað í þessari skýrslu.

Ytri línan (Lína 2) var staðsett í mælingunum með því reikna í GPS-tækinu hliðrun hvers hæls 100 m út úr veglínu til vinstri, þ.e. út fjörðinn, og þar voru einnig settir hælir sem bylgjubrotsmælingin miðast við. Þar sem línurnar eru sveigðar verður styttra á milli hæla í ytri línunni, og samkvæmt frásögn Odds Jónssonar munu alls staðar vera 84 m á milli. Gert er ráð fyrir þessu í sniðinu á 2. mynd. Ef endurskoða yrði þessar forsendur, skal það haft í huga að lagnirnar voru staðsettar miðað við merki næst miðju hverra lagnar.

Ætla má að óvissa eftir mælilínu sé um 2 m á landi en 5 m á sjó. Áætla má að hliðrun lagnanna frá línunni hafi verið innan 5m á landi, nema austurendi lagnar GU25 var 5-10 m norðan línu. Á sjó hafa frávikin að líkindum orðið meira eða allt að 10 m.

Framvinda verksins var eftirfarandi:

Mánudagur, 4. nóv. ROS-menn komu á staðinn síðdegis, en þá voru Vegagerðarmenn mættir og höfðu komið fyrir flestum staðsetningamerkjunum. Myrkt um kl. 18. Aðstæður voru kannaðar og bátum komið niður að sjó við bæinn Skálanes út með firði að vestan.

5. nóv. Bátarnir voru sjósettir við Skálanes og hlaðnir með sjókapali og vídeigandi búnaði. Þeim var síðan siglt inn á mælisvæðið og kapallinn lagður í austustu lögnina á veglínu (GU12). Þá fjarði út og gerði mögulegt að taka eina landmælingu vestast á línunni (GU11). Þegar sprengja átti við sjólögnina á aðfallinu kom í ljós að þráðlausla fjarskiptatengingin milli sprengingu og upptöku virkaði ekki, og því var ekki unnt að ljúka mælingu. Kapallinn var látinn liggja í sjó um nóttina og litla gúmbátnum var lagt við tengjaendann. Um kvöldið var gert við líklega bilun í búnaðinum (loftnetstengi) og eftir það virkaði hann þokkalega.

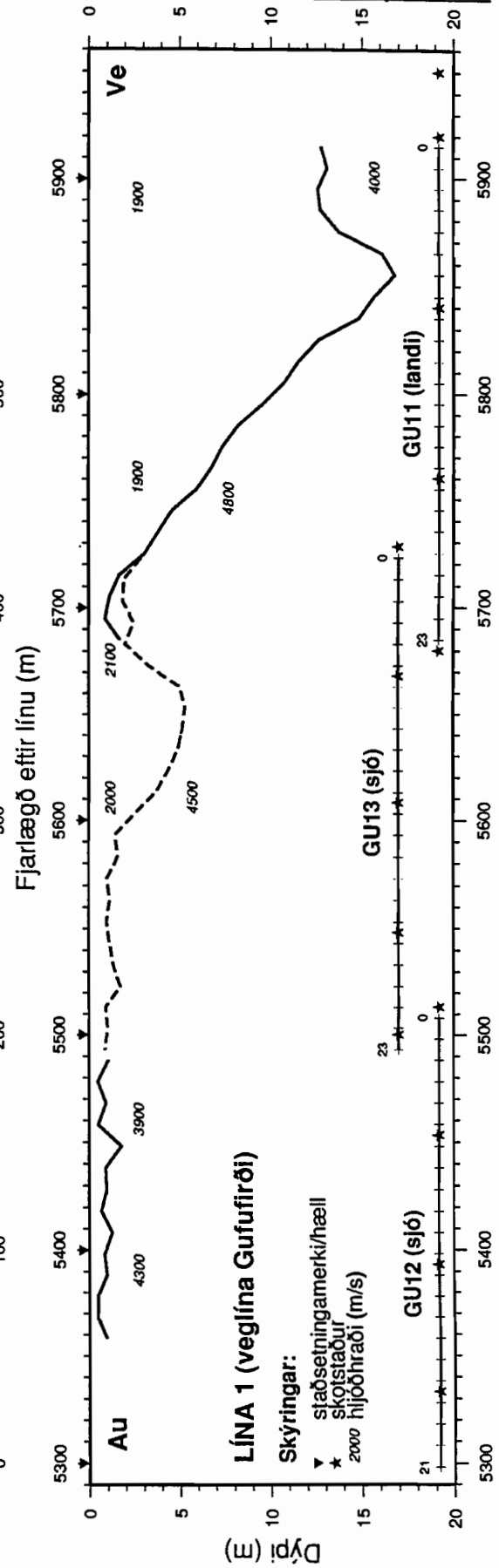
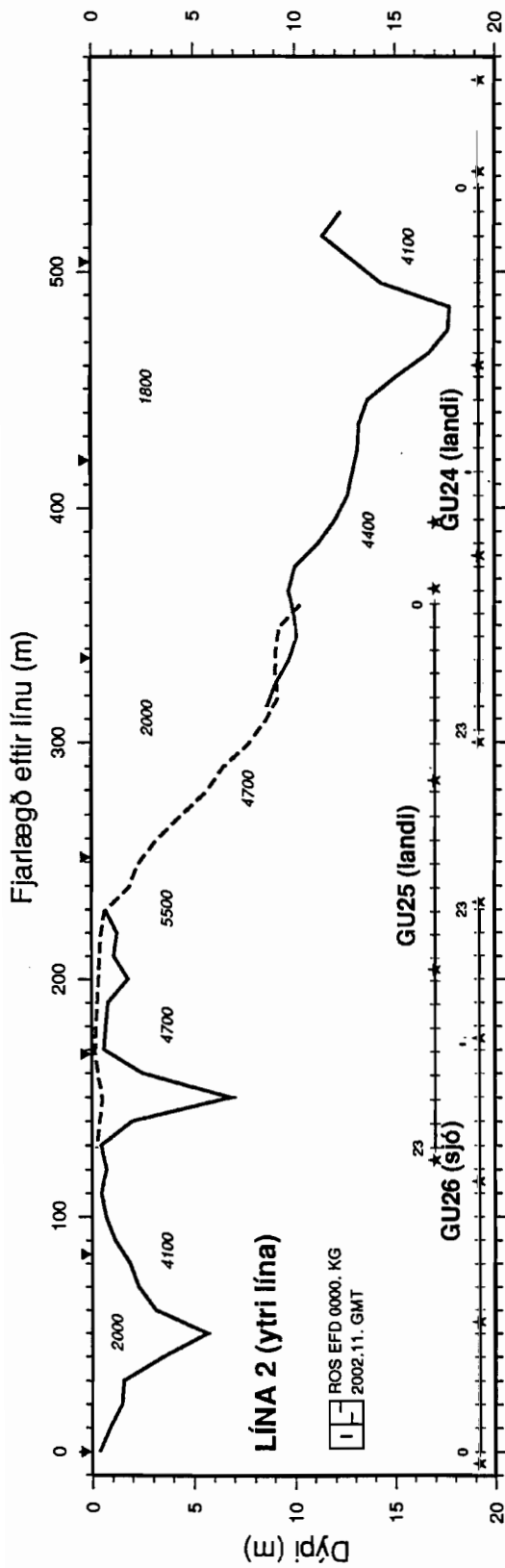
6. nóv. Byrjað var á að sprengja við kapalinn sem lá í sjó (GU12). Síðan var hann tekinn upp og lagður aftur í miðlögn á veglínunni (GU13) og þeirri mælingu lokið. Á fjörunni var síðan tekin landlögn (GU24) á ytri línunni næst vesturlandinu. Veður var sæmilegt, nema nokkur rigning. Sjókapall og bátar voru bornir á land við Melnes.

7. nóv. Að morgni var hvassviðri af norð-austri með slyddu og ekki vinnufært. Hugað var að bátum og búnaði í fjörunni við Melnes. Síðdegis lögði töluvert svo ná mátti landlögn á fjörunni (GU25).

Föstudagur, 8. nóv. Dagurinn var tekinn snemma svo nota mætti flóðið sem best, en það var hæst í birtingu. Lagt var úr vör um leið og vinnubjart var orðið, eða um kl. 9. Sjókapall var lagður í austustu lögnina og mælingunni var lokið um kl 11. Þá var stefnum snúið inn fjörðinn og upp í árósin þar sem mun auðveldara var að taka upp bát en í Skálanesi. Búið var í bíla og haldið heimleiðis samdægurs.

Túlkun mæligagna - niðurstöður

Túlkun gerðu Karl Gunnarsson og Sigurlaug Hjaltadóttir. Við túlkun voru notuð forritin "Firstpix" og "Gremix" frá Interpex ltd. sem byggja á svokallaðri "General Reciprocal Method" (Palmer 1980). Reikningarnir byggja á aflestri á komutíma fyrstu bylgju, sem er bein bylgja í yfirborðslagi næst skoti, en brotin bylgja úr dýpra lagi er fjær dregur. Skráning merkisins reyndist vera góð á landlögnunum en lakari á sjólögnunum. Á 3. mynd er sýnishorn af tveimur skráningum; efri er úr sjólögn en neðri úr landlögn. Fyrsta bylgjan er skýr, eins of oftast var, en rásir 3, 14, 17 og 23 eru oftast ónýtar á sjókaplinum. Auk þess er suð jafnan meira á sjókaplinum og merkið ekki eins skarpt. Þrátt fyrir þessa galla fengust jafnan nægjanleg gögn til að ná fullkominni lausn, enda eru mælingarnar hannaðar með það í huga. Samt sem áður er ljóst að kapallinn þarfnast viðhalds en verkefni hafa verið svo stopul að það hefur ekki komið fyrir upp á yfirborðið.



Mynd 2. Samsett snið lausna af báðum mælilínum.

Hver lögn var túlkuð sérstaklega og með skýrslunni fylgja 6 afrit (ljósrit) af línuritum sem sýna niðurstöðu túlkana úr lögnunum sex. Á þessum myndum má sjá mæligögnin sem fartímagröf, dýptarsnið og línurit sem sýna hljóðhraða í efra og neðra lagi og breytingar hans eftir línunni. Í ljós kom að gögnin eru skýr og einföld og þau má alls staðar túlka sem sem tveggja laga líkan. Efra lagið hefur hljóðhraða (P-bylgju) á bilinu 1800-2000 m/s. Þetta má túlka með vissu sem laus jarðefni eða setlög, en þó nokkru fastara en dæmigerð laus ósamlið setlög sem hafa hraða um 1500 m/s. Líklega má lýsa þessum setlögum sem jökulurð eða mórenu. Neðra lagið hefur dæmigerðan hraða um 4400 m/s (á bilinu 3900-5500), sem kemur heima og saman við berggrunni úr hraunlögum, sem kallast hér klöpp.

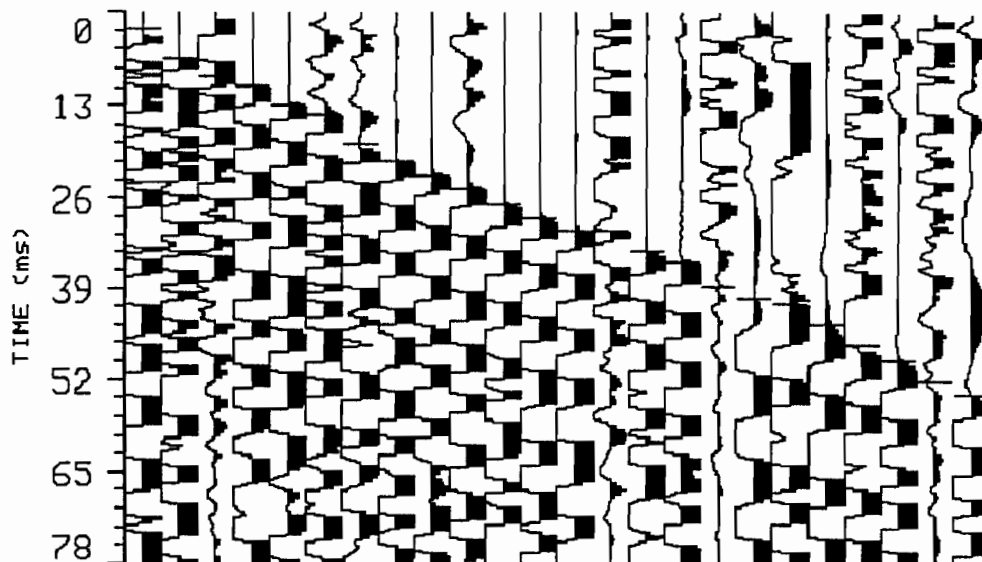
Á 2. mynd eru niðurstöður teknar saman, og þar er snið eftir báðum línunum sem sýnir dýpi á klöpp undir yfirborði. Þar má sjá hvernig lausnum úr mismunandi lögnum ber saman þar sem þær skarast. Einkennandi hraðagildi eru einnig merkt inn á sniðið fyrir efra og neðra lag. Á sniðunum má sjá að efra lagið (setlögin) er þykkast á vesturhluta svæðisins en tiltölulega þunnt eða nær ekkert á austurhlutanum.

Lína 1: Á veglínu er mesta þykkt um 17 m í stöð 5855, en þaðan grynnist til austurs í stöð 5700 þar sem setlagabykkt er einungis 1-2 m í lögn GU11, en eilítið meiri í GU12 sem skarast þar við þá fyrrnefndu. Líklega er GU11 öruggari, þar sem um landlögn er að ræða. Á bilinu 5700-5600 eykst dýpi í 5 m en austan stöðvar 5590 eru setlög afar þunn, 1-2 m, sem er á mörkum upplausnar. Að vísu nær viðsnúin lausn samkvæmt GRM-aðferð ekki austur fyrir stöð 5360, sem stafar af því að austasta skotið gleymdist. Hins vegar má svo gott sem fullyrða að klöpp sé á litlu eða engu dýpi alla leið í stöð 5300, því fartímakúrfan frá skotinu í 5332 til beggja handa sýnir hraða sem samræmist grunnri klöpp. Auk þess eru klapparsker í kring um stöð 5300 og þar austar.

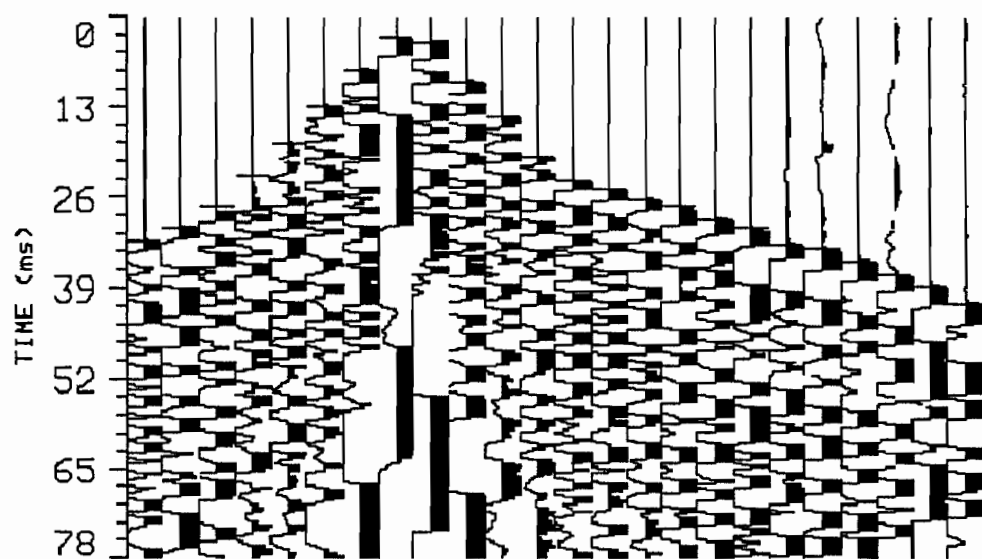
Lína 2: Vesturendi línu 2 líkist hinni og greinilega er um sama landslagsformið að ræða í yfirborði klapparinnar. Mesta þykkt er um 18 m í stöð 480 en þynnist til austurs og er nær engin í stöð 230. Skörun lagna GU24 og GU25, sem báðar eru landlagnir, sýnir gott samræmi á um 9 m dýpi og mismun innan eins metra. Austan stöðvar 230 sýnir lögn GU25 greinilega að setlög eru afar þunn, innan við 1m. Austurendi lagnarinnar skarast við lögn GU26 á um 100 m bili. Þar kemur fram nokkuð alvarlegt mismæmi, því í stöð 150 sýnir GU26 7 metra dýpi, að því gefnu að hraði efra lags sé 2000 m/s; það er ágískaður meðalhraði. Þegar að er gáð sést að þessi dokka er einkum vegna mikillar tafar í 16. nema. Töfin þar er um 3 ms, og ekki virðist vera ástæða til að vantreysta þessari mælingu. Í nema 15 vottar fyrir töf en 17 er ótraustur. Erfitt er að skýra þetta sem truflun. Lítilsháttar töf gæti skýrst af því að nemi hefði legið ofarlega í sjónum, t.d. ofan á steini eða þarabunka, en 3 ms krefjast 5 m hækkunar, sem er óhugsandi.

Líklegra er skýra þetta þannig að lagnirnar hafi ekki lagst í nákvæmlega sömu línu. Landlögnin GU25 lá sunnan í allmiklum grjótbíng sem náði frá stöð 220 og austur að enda. Þar austan og sunnan við er dýpsti állinn í firðinum. Einmitt á þessu bili sýnir sú mæling lítið dýpi á klöpp. Vel er líklegt að þessi bíngur sé í raun klapparkollur, og því ekki óhugsandi að setfyllt gjá sé meðfram honum. Landlögnin lá eina 5-10 m norðan við mælilínuna, og hugsanlega lenti sjólögnin spölkorn sunnan við hana.

Önnur setlagadokka og breiðari kemur fram austar í línunni og er mest um 5 m djúp í stöð 50. Hún er staðfest með beinni bylgju þar sem skot er í henni miðri í stöð 55 og sýnir það um 2000 m/s (eða e.t.v. rúmlega það).



SPREAD: GU13 SHOT: 10



SPREAD: GU11 SHOT: 1

Mynd 3 Sýnishorn af bylgjuskráningu af sjókapli (ofar) og landkapli (neðar). Mögnun er mikil svo fyrstu bylgjur sjáist sem best.

Óvissuþættir:

Gera verður ráð fyrir +/- 1 m óvissu á reiknuðum þykktargildum setlaganna. Einnig virðast sjólagirnir sýna eilítið meira dýpi en landlagirnir. Þetta er skiljanlegt þar sem nemar og skot eru að jafnaði nokkru ofan yfirborðs í þeim fyrrnefndu. Auk þess er líklegt að tímaaflestur sé eilítið seinni í sjólögnum vegna lélegra merkis. Búast má við ofmati á dýpi í sjólögnum svo nemi hálfum metra.

Ekki er hægt að útiloka að hraði í efra laginu fari vaxandi með dýpi, þótt ekki sé það að sjá í gögnunum. Í því tilviki væri dýpi á klöpp vanmetið, en ólíklega meira en um 10-20%.

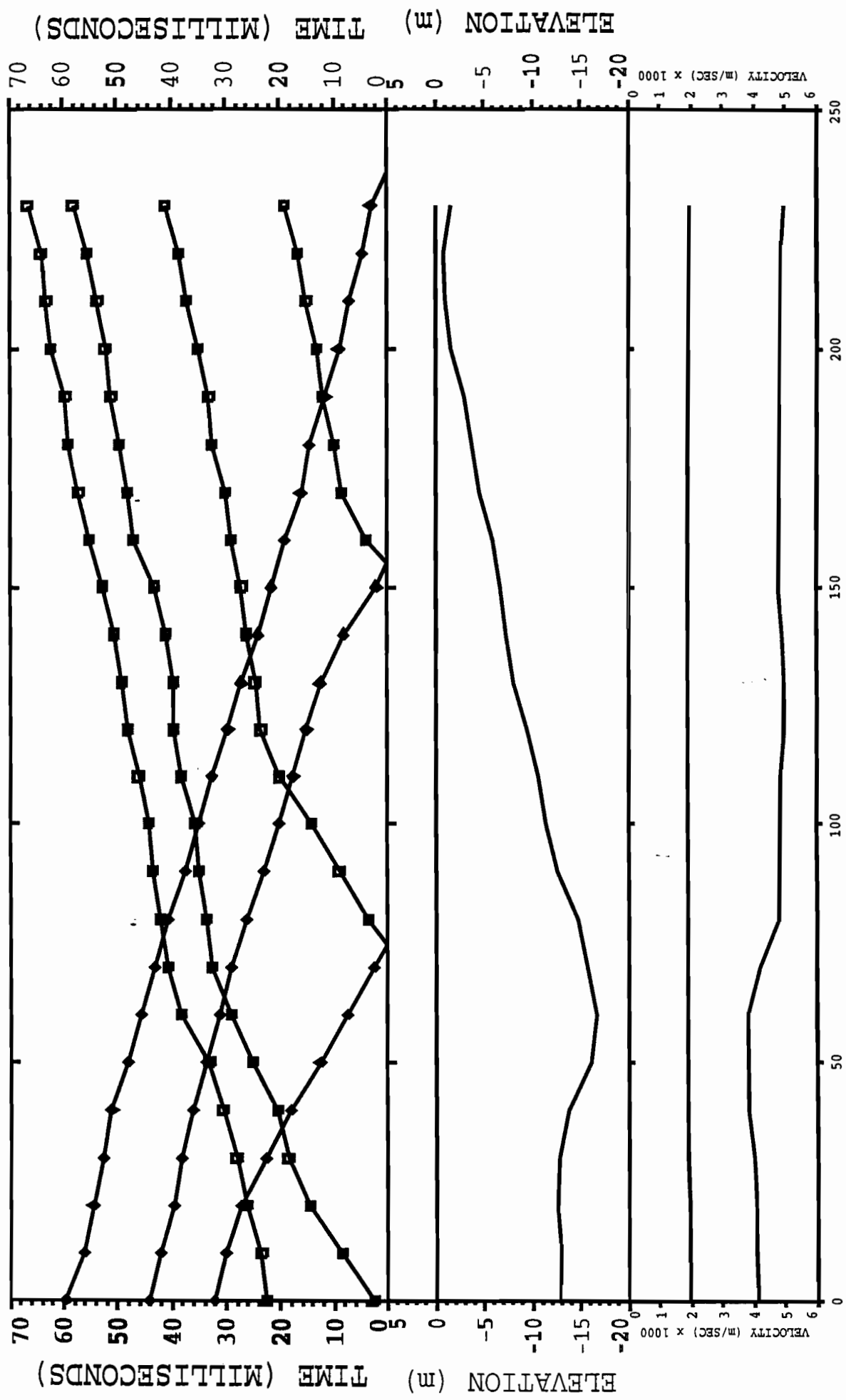
Almennt verður að segja að mælingarnar hafi tekist vel og gefið skýrar niðurstöður. Þær virðast heppilegar með tilliti til væntanlegar brúargerðar, því bæði má finna finna kafla með meira en 10 m þykkum setum eða nær engum setlögum. Nokkur takmörk eru á nákvæmni í dýptarmælingu og staðsetningu, einkum á sjólögnum. Landlagnir gefa betri nákvæmni, en þar er lárétt upplausn einnig takmörkuð þar sem 10 m voru ætíð á milli nema. Misræmið milli lagna GU25 og GU26 gefur til kynna að snöggar breytingar í setlagabykkt geti átt sér stað. Ef valinn yrði staður með þunnum setlögum væri öruggara að mæla hann nánar og með meiri upplausn, þ.e. með 5m milli nema og samsvarandi minna bili á milli skotstaða. Þar væru lagnir í kross eða til hliðar heppilegar til að leiða í ljós óreglur.

Heimildir :

Karl Gunnarsson og Ólafur G. Flóvenz. *Bylgjubrotsmælingar á vegstæði í Gilsfirði - maí, 1994*. Orkustofnun, KG/ÓGF-10/94, 1994-06-02.

Palmer, D. 1980: *The generalized reciprocal method of seismic interpretation*. SEG, Tulsa, 104 bls.

Karl Gunnarsson



for: Vegagerdin
 by: ORKUSTOFNUN
 Data Set: GULL Date: 05.11.2002
 Equipment: RING 2401 Spread: 1
 Azimuth: Veglina 1
 Gufufjordur

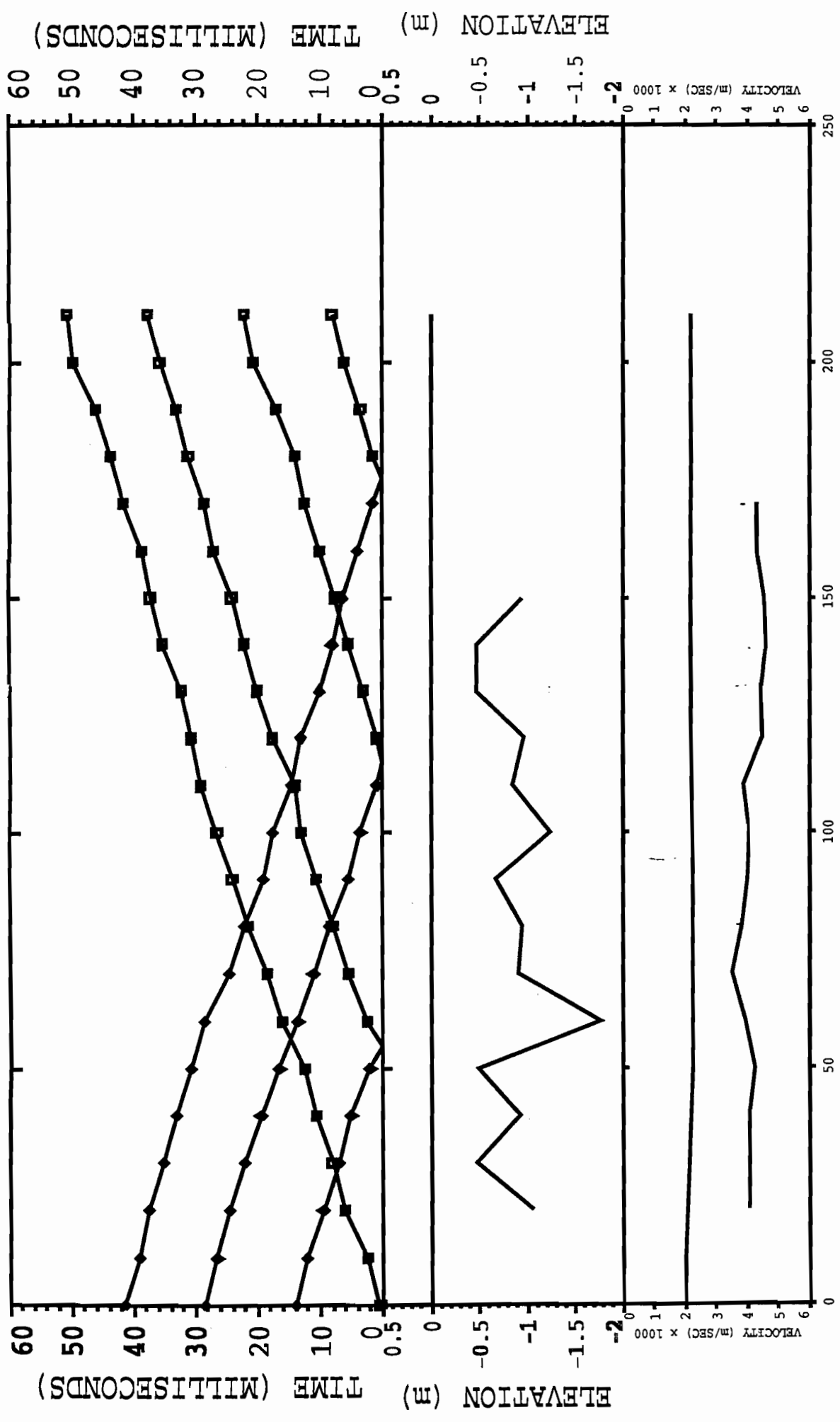
DISTANCE (m)

ELEVATION (m) TIME (MILLISECONDS)

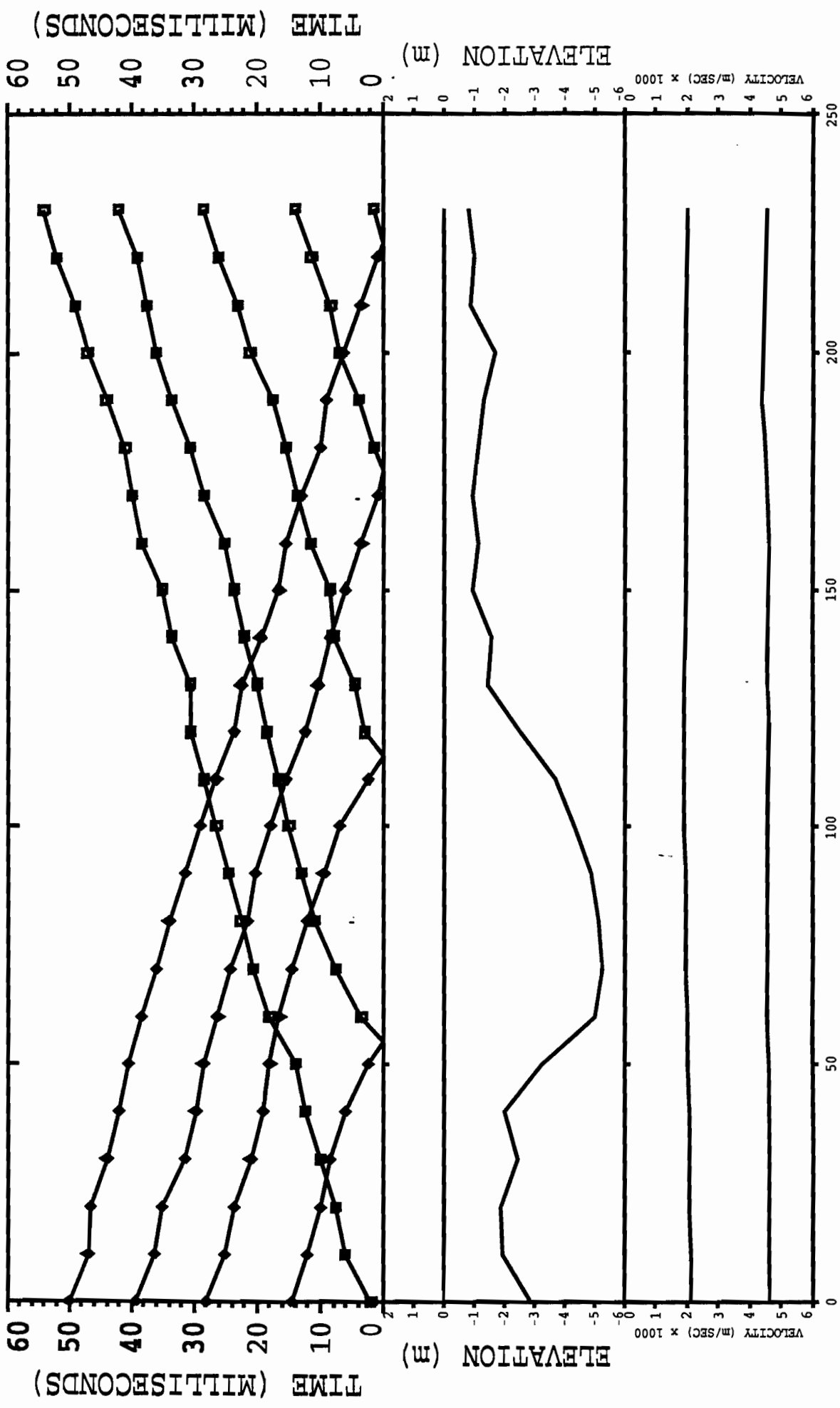
ELEVATION (m) TIME (MILLISECONDS)

VELOCITY (m/SEC) x 1000

VELOCITY (m/SEC) x 1000



for: Vegagerdin		Vedlina I	
by: ORKUSTOFNUN		Gufufjordur	
Data Set: GUL2	Equipment: ESTO 240	Date: 06.11.2002	Spread: 2
Azimuth:			

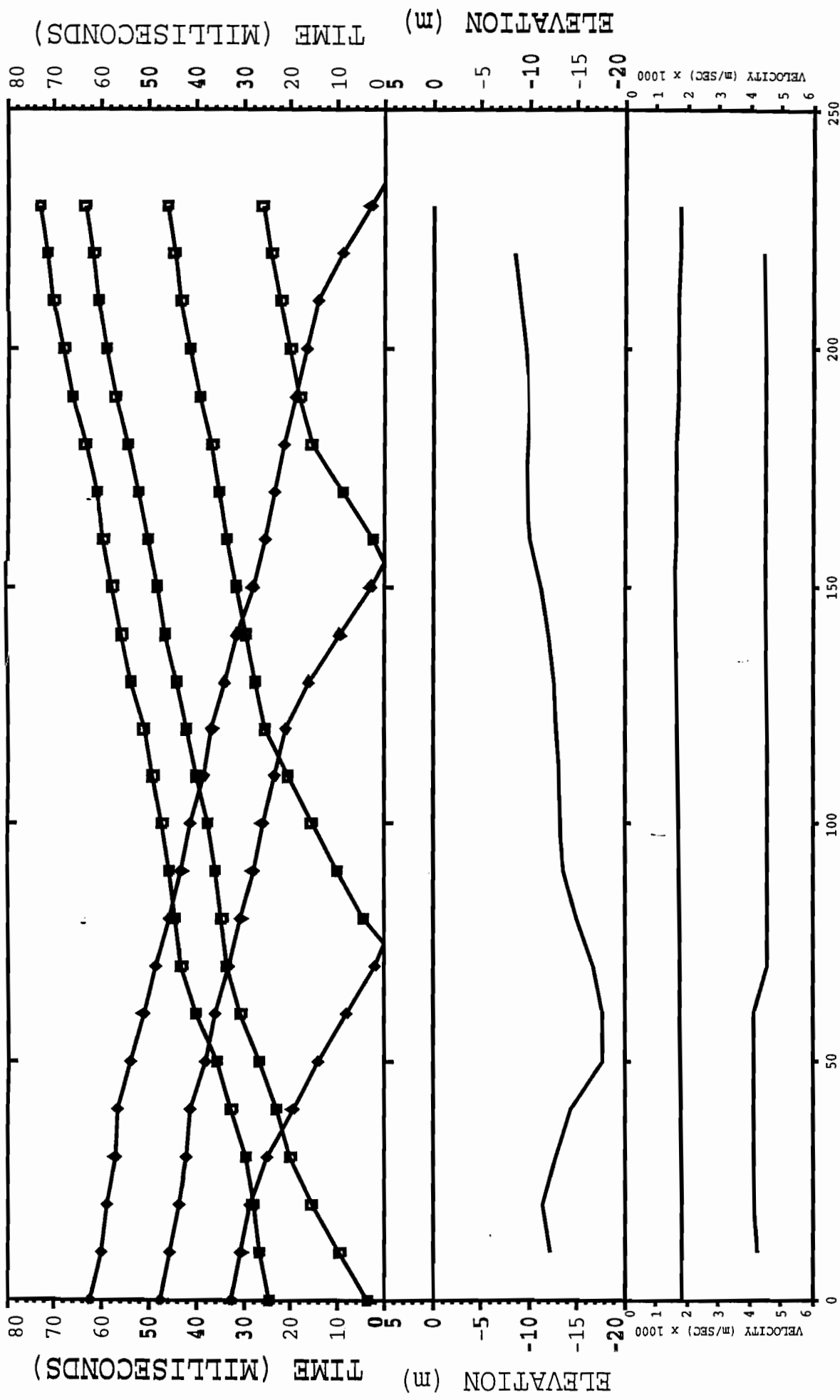


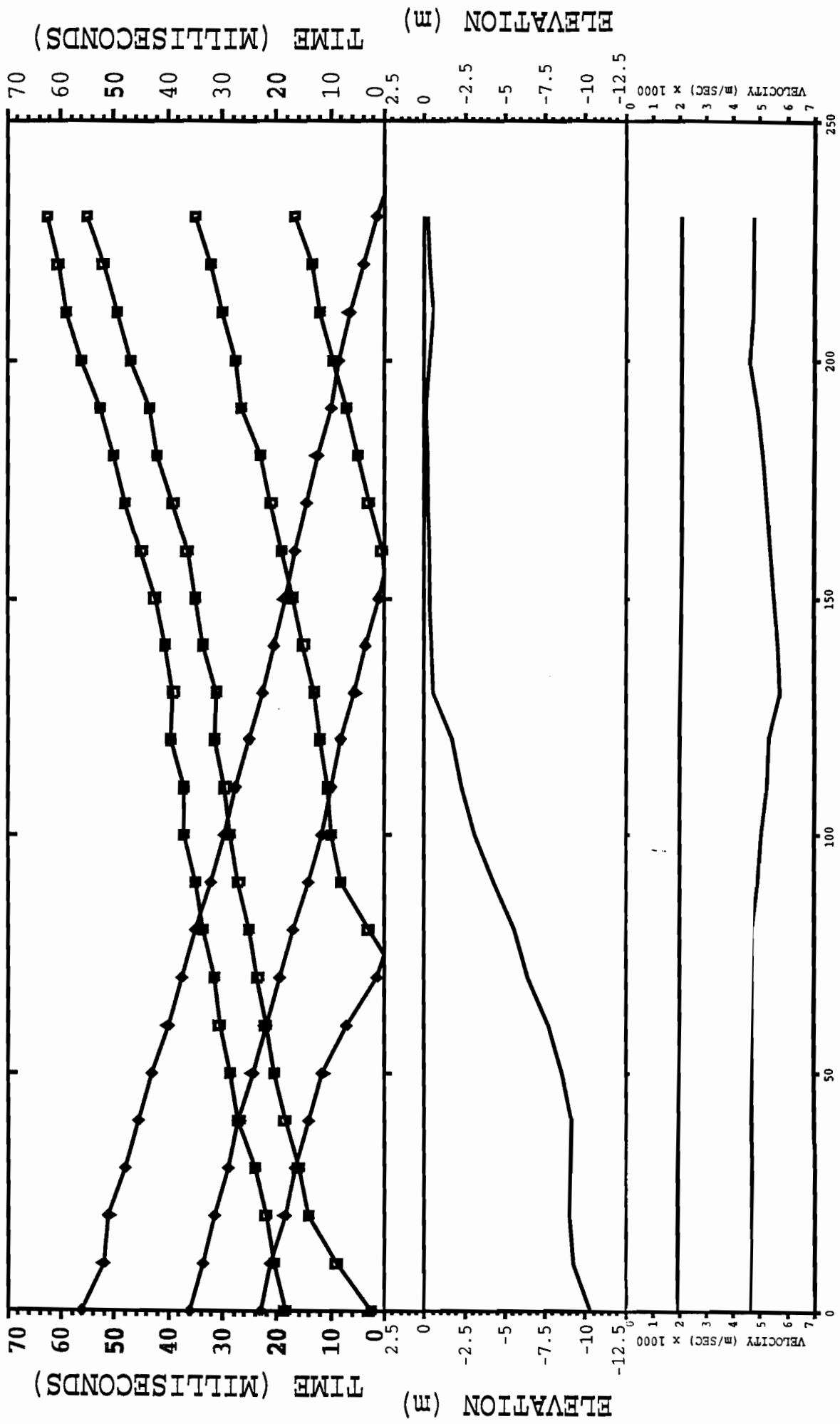
for: Vegagerdin
 by: ORKUSTOFNUN
 Date Set: GUL3 Date: 06.11.2002
 Equipment: B340 2401 Spread: 3

Veglina
 Gufufjordur
 Azimuth:

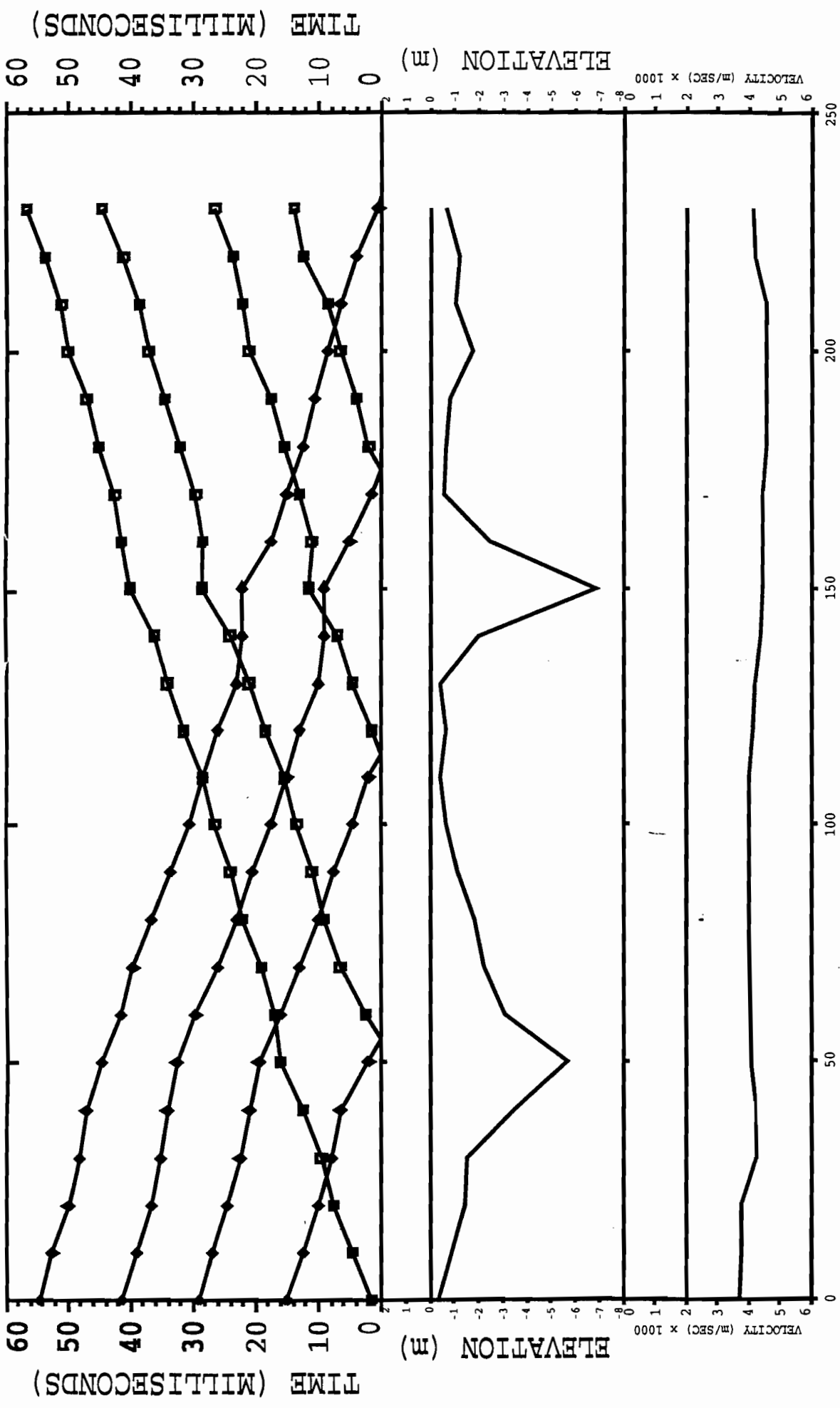
for: Vegagerdin
 by: ORKUSTOFNUN
 Data Set: GU24 Date: 06.11.2002
 Equipment: Baso 2401 Spread: 4

Linna 2
 Gufufjordur
 Azimuth:





for: Vegagerdin		Gufufjordur	
by: ORKUSTOFNUN		Azimuth:	
Data Set: GU25	Date: 07.11.2002	Spread: 5	
Equipment: 2040 2401			



for: Vegagerdin
 by: ORKUSTOFNUN
 Data Set: GU26 Date: 08.11.2002
 Equipment: BRIG 2401 Spread: 6
 Brúarsstaedi
 Gufufjörður
 Azimuth:

