



ORKUSTOFNUN

Rannsóknasvið

**Viðnámssniðs-
mælingar
við Uppsali 1996**

Arnar Hjartarson

Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar

OS-97007

1997



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 601

Viðnámssniðsmælingar við Uppsali 1996

Arnar Hjartarson

Unnið fyrir Hitaveitu Akureyrar

OS-97007



Janúar 1997

ORKUSTOFNUN: Kennitala 500269-5379 - Sími 569 6000 - Fax 5688896
Netfang os@os.is - Heimasíða <http://www.os.is>

**ORKUSTOFNUN**

Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Lykilsíða

Skýrsla nr.: OS-97007	Dags.: Apríl 1997	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til:
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: VIÐNÁMSSNIÐSMÆLINGAR við Uppsali 1996	Upplag: 25	
	Fjöldi síðna: 20	
Höfundar: Arnar Hjartarson	Verkefnisstjóri: Ólafur G. Flóvenz	
Gerð skýrslu / Verkstig: Mæliniðurstöður, framhaldsrannsókn	Verknúmer: 610 601	
Unnið fyrir: Hita- og Vatnsveitu Akureyrar		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Skýrslan greinir frá niðurstöðum viðnámssniðsmælinga við bæina Sigtún, Uppsali og Klauf í Eyjafjarðarsveit árið 1996. Áður (1992-93) höfðu slíkar rannsóknir verið gerðar í landi Grýtu án teljandi árangurs. Mælt var eftir fimm línnum nokkurn vegin í stefnu A-V þvert á stefnu bergganga á svæðinu (N-S skv. segulmælingum). Niðurstöður sýna að tvö lágviðnámssvæði eru í brekkunni ofan við Eyjafjarðarbraut við bæinn Uppsali. Í þeim eru lágviðnámsrásir sem hugsanlega geta verið heitavatnsæðar. Vísendingar eru um að jarðhitakerfið við Uppsali kunni að vera sjálfstætt. Lagt er til að rannsóknnum verði haldið áfram á svæðinu kringum Uppsali. Finnist heitt vatn í nýtanlegum mæli er það hagkvæmur virkjunarkostur fyrir HVA. Næstu skref í frekari jarðhitaleit eru borun 10-12 hitastigulsholna, borun 4ra rannsóknarholna ef góður árangur fæst af hitastigulsborun og borun einnar 800-1500 m djúprar könnunar- og vinnsluholu ef undangengnar rannsóknir benda ótvírætt til sjálfstæðs jarðhitakerfis.		
Lykilorð: Lághitasvæði, jarðhitaleit, jarðhitakerfi, viðnámsmælingar, viðnámssnið, sprungur	ISBN-númer:	
	Undirskrift verkefnisstjóra: 	
	Yfirfarið af: ÓGF, RK, PI 	

EFNISYFIRLIT

1. Inngangur	3
2. Helstu niðurstöður fyrri rannsókna	3
3. Um viðnámssniðsmælingar	3
4. Viðnámssniðsmælingarnar 1996	4
5. Túlkun mælinganna	5
6. Niðurstöður og tillögur	6
7. Heimildir	6
Viðauki A: Frumgögn mælinga og einfölduð líkön	10
Viðauki B: Staðsetning mælinna með GPS-hnitum	19

MYNDIR

Mynd 1. Yfirlitsmynd	7
Mynd 2A. Niðurstöður viðnámssniðsmælinga við Uppsali	8
Mynd 2B. Niðurstöður viðnámssniðsmælinga við Uppsali	9

1. Inngangur

Í skýrslu þessi er greint frá niðurstöðum viðnámsniðsmælinga sem gerðar voru þann 1.-10. júlí 1996 í brekkunni ofan við Eyjafjarðarbraut við bæina Sigtún, Uppsali og Klauf í Eyjafjarðarsveit.

2. Helstu niðurstöður fyrri rannsókna

Sumarið 1982 voru framkvæmdar viðnámsniðsmælingar í landi Grýtu, neðan Eyjafjarðarbrautar (Ólafur G. Flóvenz og Ásgrímur Guðmundsson 1984). Þær sýndu engin afgerandi merki um vatnsleiðandi sprungur á rannsóknarsvæðinu. Þó kom fram vísbending um lágviðnámsrás í austurenda þeirrar línu sem lá lengst í austur. Niðurstöður borholurannsókna á árunum 1982 til 1983 leiddu í ljós að vatnið í Grýtulaug er runnið undan brekkunni frá aðfærsluæð sem gæti verið mörg hundruð metrum austar. Að svo komnu máli var ekki ráðlagt að halda rannsóknum áfram á þessu svæði.

Sumarið 1993 var boruð tilraunahola við Sigtún, hola ST-1. Hún er um 100 m djúp og mælist hár hitastigull í henni eða 230 °C/km (Ólafur G. Flóvenz 1995). Þetta bendir til návistar jarðhitasprungu sem hugsanlega gæti verið aðfærsluæð Grýtulaugar. Vatnsborðsmælingar í holunni sýna að engin tengsl eru við jarðhitakerfið á Laugalandi, þó er hugsanlegt að holan sé ekki nógu djúp til að greina tengsl milli kerfanna. Líkur eru á því að jarðhitakerfið sem kennt er við Grýtu sé því sjálfsætt. Með þessa vitneskju í huga var lagt til að gerðar yrðu viðnámsniðsmælingar ofan við Eyjafjarðarbraut. Frá þeim mælingum er greint í þessari skýrslu.

3. Um viðnámsniðsmælingar

Viðnámsniðsmælingar er sú aðferð, ásamt hitastigulsborunum, sem mest er notuð og hefur reynst hvað best við að finna heitavatnssprungur nærri yfirborði í jarðhitakerfum hér á landi. Rafviðnám er mælt á um 0-200 m dýpi eftir línunum og fást þannig viðnámsnið í jörðinni. Úrvinnsla mæligagna fer þannig fram að tvívítt tölulíkan er gert eftir hverri mællínu. Forrit raðar svo viðnámsgildum inn í líkanið þannig að svörunarferlar þess nálgist sem mest mældu ferlanna. Viðnám er lágt í sprungum sem heitt vatn hefur leikið um, því í heitu vatni er jafnan mikið af uppleystum steindum og söltum, og leirsteindir þekja sprunguveggina þar sem þær mynda velleiðandi fleti eða rásir. Með viðnámsniðsmælingum er hægt að skynja lágviðnámsrás sem er þvert á mællínuna og túlka má m.a. sem heitavatnssprungu. Með því að mæla nokkrar línur má kortleggja legu hugsanlegrar heitavatnssprungu með því að tengja saman lágviðnámin í mællínunum.

4. Viðnámsniðsmælingarnar 1996

Mælt var eftir fimm línunum og sjá má staðsetningu þeirra á mynd 1. GPS-hnit voru jafnframt tekin á nokkrum stöðum í hverri línu til að fá nákvæma staðsetningu þeirra (sjá viðauka B). Línurnar voru hafðar nokkurn veginn í stefnu V-A því segulmælingar sýna (Hjálmar Eysteinson og Ólafur G. Flóvenz 1993) að flestir berggangar á svæðinu hafa stefnu sem er nálægt því að vera N-S. Leiða má líkur að því að lágviðnámsrásir séu þeim tengdar því á mörkum berggrunns og gangs er berg stundum sprungið með mikla lekt.

Í viðauka A má sjá mæliferil og tilsvarendi líkan fyrir hverja línu. Á mynd 1 má einnig sjá staðsetningu línu G1 sem mæld var við Grýtu sumarið 1982. Austast í henni fékkst vísbending um lágviðnámsrás (Ólafur G. Flóvenz og Ásgrímur Guðmundsson 1984) og því var reynt að endurtúlka hana með hliðsjón af línunum 1 til 5. Hér á eftir verður fjallað um hverja mælingu fyrir sig.

Lína 1 liggur þvert á Eyjafjarðarbraut við vegamótin niður að Grýtu og upp með heimreiðinni að Sigtúni, framhjá borholu ST-1. Engin lóðrétt lágviðnámsrás finnst í þessari línu. Viðnám mælist áberandi hátt í línunni í kringum 2100 m. Viðnám er einnig hátt í kringum 1150, 1300, 1600 og 2400 m.

Lína 2 er á túnunum á milli Sigtúns og Uppsala og hefur stefnu VSV-ANA. Skýr lágviðnámsrás kemur fram í 1500-1550 m. Lágt viðnám, 10 Ω m, eru einnig í 700-775 m. Allra vestast í línunni er viðnám hvað hæst í línunni. Hátt viðnám er einnig í 750, 900 og 1550 m.

Lína 3 liggur samsíða línu 2 um 500 m norðar. Lágviðnám kemur fram á breiðu bili frá 1450 m til 1650 m en lægst er það í kringum 1575 m. Lágviðnám, 14 Ω m, kemur fram í 850-925 m. Viðnámið mælist hátt í 500-550 m en hæst í kringum 800 m.

Lína 4 er staðsett austur af Brúnum og hefur stefnuna V-A. Engin lágviðnámsrás sést í þessari línu. Svæðisbundið viðnám er frekar lágt í þessari línu miðað við hinar en hæst verður það í 1900-2000 m.

Lína 5 liggur svo til mitt á milli lína 2 og 3 en er aðeins austanstæðari. Erfiðlega gekk að gera sannfærandi líkan fyrir þessa línu því líkanreikningarnir voru mjög óstöðugir. Í viðauka A eru því birt tvö líkön sem svara á sama hátt mæliferlunum. Líkan 5A setur afgerandi lágt viðnám, 6 Ω m, í 950-975 m. Lágt viðnám kemur einnig fram í 1600-1700 m og í 1825-1875 m, 13 og 15 Ω m. Líkan 5B setur mjög lágt viðnám, 2 Ω m, í 1750-1800 m. Lágt viðnám, 11 Ω m, kemur einnig fram í 875-925 m og 13 Ω m í 975-1050 m. Viðnám mælist áberandi hátt í kringum 800 m og milli 1000 og 1100 m en viðnám er einnig hátt alveg austast í línunni.

Lína G1 er vestanmegin milli lína 2 og 5, er um 100 m sunnar en lína 5 og með nokkurn veginn sömu stefnu. Mæliferlarnir gefa til kynna að lágviðnámsrás liggja austast í línunni. Fjölmörg líkön voru gerð til að reyna að finna hana en líkanreikningar voru mjög óstöðugir og því eru í viðauka A birt tvö líkön sem svara mæliferlunum á sama hátt. Einnig er þar að finna nánari umfjöllum um líkanreikningana. Líkan G1A setur lágviðnámsrás 27 Ω m í 750-800 m en líkan G1B setur hana hinsvegar sem 14 Ω m í 550-625 m. Hátt viðnám mælist á milli 0 og 100 m og háviðnámstoppa koma fram í kringum 250, 400, 650 og 900 m.

5. Túlkun mælinganna

Á myndum 2A og 2B má sjá hvernig lágviðnámin eru tengd samkvæmt þeim möguleikum sem mismunandi túlkun á línunum 5 og G1 býður upp á. Greinilegt er að um tvö megin lágviðnáms-svæði er að ræða og virðast þau hafa svipaða stefnu og berggangarnir á svæðinu. Vestara svæðið er rétt ofan við Eyjafjarðarbraut en það austara 200-300 m austan við Uppsali. Fyrri möguleikinn fyrir vestara svæðið er að um eina langa lágviðnámsrás sé að ræða (rás A á mynd 2A) sem tengir beint saman lágviðnámin í línunum 2,3,5 og G1. Seinni möguleikinn gefur kost á þremur styttri skástíga lágviðnámsrásum (rásir D, E og F á mynd 2B). Rás D er rétt austan við Eyjafjarðarbraut og er teiknuð eftir lágviðnámunum í línunum 5 og G1 og gæti verið í tengslum við bergganga þar. Rás E liggur norðaustan við rás D og er teiknuð útfrá lágviðnámunum í línunum 3 og 5. Rás F er suðaustan við rás E og teiknuð eftir lágviðnáminu í línunum 2 og 5. Hún virðist falla saman við berggang á svæðinu. Fyrri möguleikinn fyrir austara svæðið er líkur þeim seinni fyrir vestara svæðið: tvær skástíga lágviðnámsrásir sem hafa sömu stefnu og rásirnar þrjár á vestara svæðinu. Rás B er teiknuð eftir lágviðnáminu í línunum 3 og 5 (rás B á mynd 2A) en rás C sem liggur austar er teiknuð eftir lágviðnáminu í línunum 2 og 5 (rás C á mynd 2A). Hinn möguleikinn fyrir austara svæðið er sá að um eina lágviðnámsrás sé að ræða. Hún er teiknuð eftir lágviðnámunum í línunum 2,3 og 5 (rás G á mynd 2B). Það fylgir viðnáms-sniðsmælingum að viðnámið er ver ákvarðað eftir því sem nær dregur enda línu. Því er hugsanlegt að syðri endi rásarinnar sé austar en myndin sýnir. Það sama gildir því um syðri enda rásar C.

Þegar skoðað er hvar háviðnám mælist í línunum virðast þau falla saman við bergganga á svæðinu. Gangarnir eru því mjög líklega háviðnámsgangar. Svo virðist einnig sem lágviðnámsrásirnar séu tengdar þeim og þar með er lágviðnám alveg ofan í háviðnámi sem líklega er ástæðan fyrir óstöðugleika líkanreikninganna. Ef lágviðnámsrásirnar eru túlkaðar sem heitavatsæðar liggja þær hugsanlega meðfram göngunum. Niðurstöður borholurannsókna (Ólafur G. Flóvenz og Ásgrímur Guðmundsson 1984) sýna að brotabelti liggur um svæðið í kringum Grýtu og er stefna brotanna NNA-SSV. Því er ekki ólíklegt að lágviðnámsrásirnar geti einnig verið tengdar brotunum og misgengjum á svæðinu.

Það að engin lágviðnámsrás finnst í línu 4 rennur því styrkari stoðum undir þá kenningu að hér sé um sjálfstætt jarðhitakerfi að ræða. Samt sem áður er ástæða til að ítreka að tengsl geta verið á milli kerfanna þó að þeirra verði ekki vart í efstu 200 m berggrunnins. Lágviðnámsrás fannst heldur ekki í línu 1 og því afmarka línur 1 og 4 efsta hluta jarðhitakerfisins við Uppsali.

6. Niðurstöður og tillögur

Tvö lágviðnáms svæði finnast í brekkunni ofan við Eyjafjarðarbraut við bæinn Uppsali. Í þeim eru lágviðnámsrásir sem hugsanlega geta verið heitavatnsæðarnar sem fæða laugarnar við Grýtu. Tveir möguleikar eru á legu lágviðnámsrásanna á báðum svæðunum sem sýndir eru á myndum 2A og 2B. Engin tengsl finnast á milli lágviðnáms svæðanna við Uppsali og jarðhitakerfisins við Laugaland í efstu 200 m berggrunnins. Þetta er vísbending um að jarðhitakerfið við Uppsali kunni að vera sjálfstætt.

Lagt er til að rannsóknum verði haldið áfram á svæðinu kringum Uppsali. Ef heitt vatn finnst þar í nýtanlega mæli er það hagkvæmur virkjunarkostur fyrir Hitaveitu Akureyrar því stutt er í dælustöðina á Laugalandi. Næstu skref í áframhaldandi jarðhitaleit eru:

1. Bora tíu til tólf 60-200 m djúpar hitastigulsholur til að staðfesta niðurstöður viðnámsniðsmælinganna og afmarka uppstreymisrásirnar betur.
2. Bora fjórar 300-400 m djúpar rannsóknarholur ef góður árangur fæst af borun hitastigulsholnanna.
3. Bora eina 800-1500 m djúpa könnunar- og vinnsluholu ef niðurstöður undangenginna rannsókna benda ótvírætt til sjálfstæðs jarðhitakerfis.

7. Heimildir

Ólafur G. Flóvenz og Ásgrímur Guðmundsson, 1984: *Viðnámsmælingar og rannsóknarboranir við Grýtu í Öngulsstaðarhreppi 1982-1983*, Orkustofnun OS-84040/JHD-05.

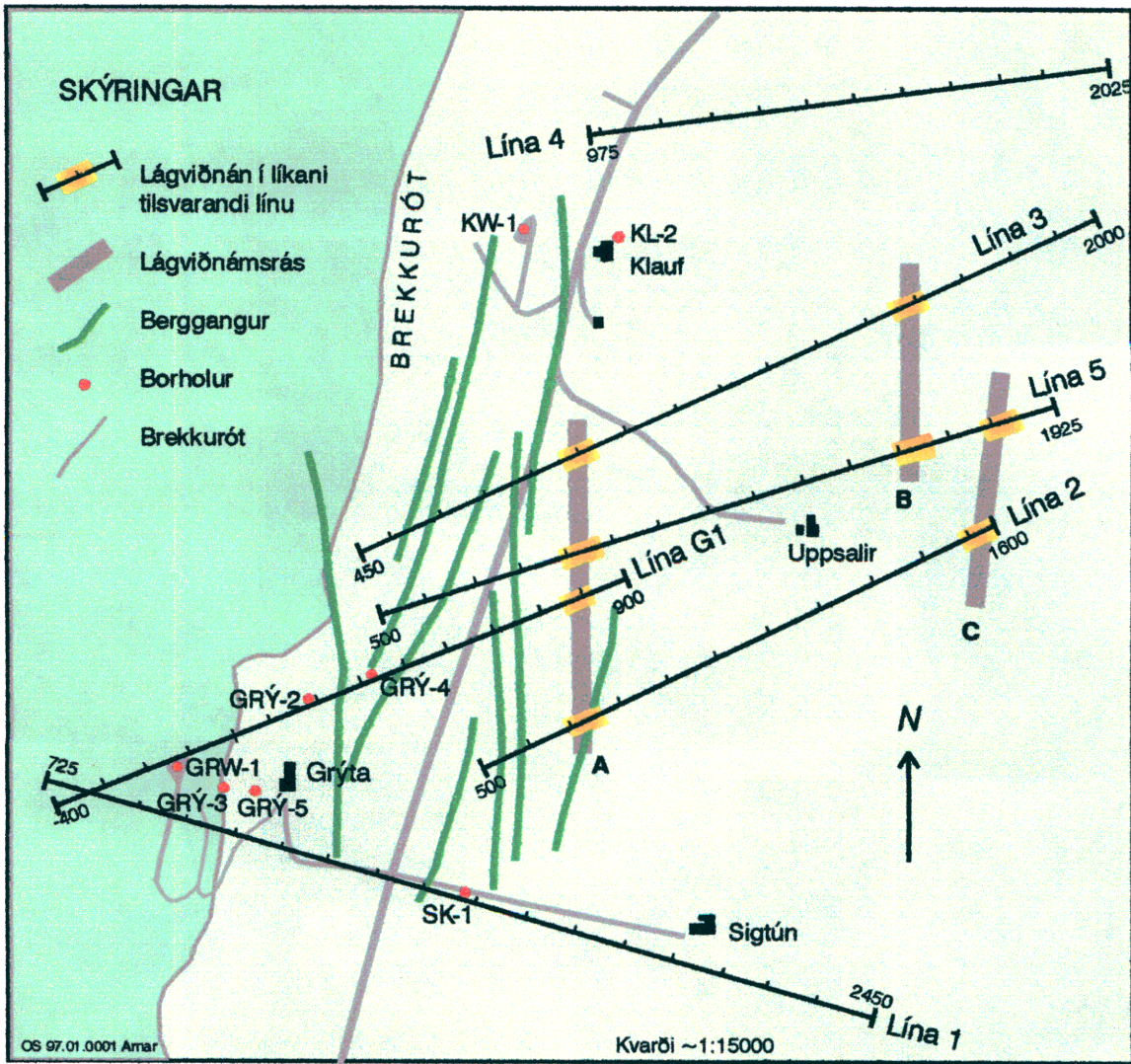
Ásgrímur Guðmundsson, Ólafur G. Flóvenz, Sigmundur Einarsson og Bára Björgvinsdóttir, 1982: *Grýta í Öngulsstaðarhreppi niðurstöður jarðhitarannsókna*, Orkustofnun OS-82037/JHD-05.

Ólafur G. Flóvenz, 1995: *Hola ST-1 við Sigtún í Eyjafjarðarsveit, borun holunnar og mælingar*, Orkustofnun greinargerð ÓGF-95/05.

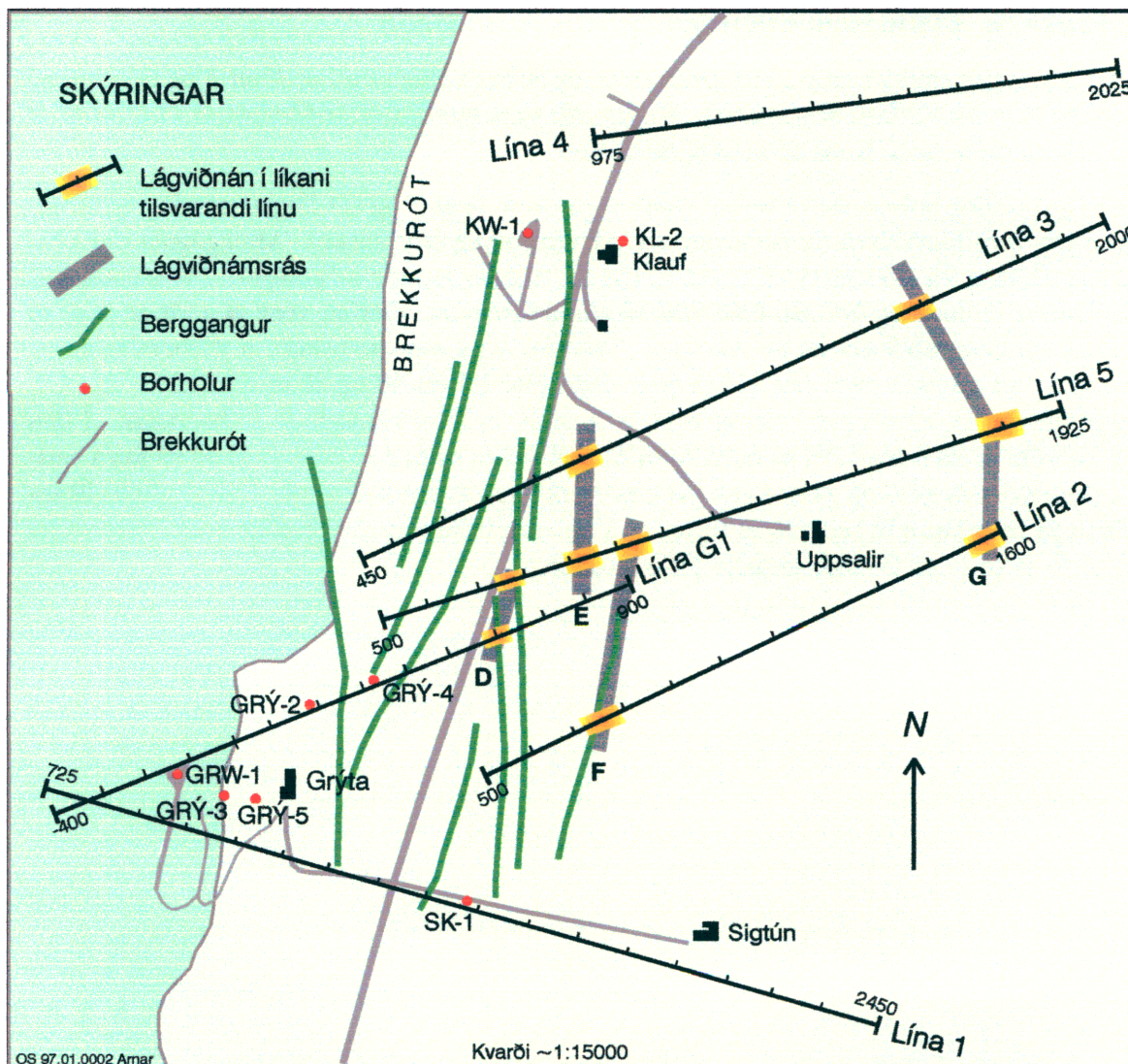
Hjálmar Eysteinnsson og Ólafur G. Flóvenz, 1983: *Laugaland í Eyjafjarðarsveit, túlkun segulmælinga*, Orkustofnun OS-93072/JHD-36 B.



Mynd 1. Yfirlitsmynd



Mynd 2A. Niðurstöður viðnámsniðsmælinga við Uppsali



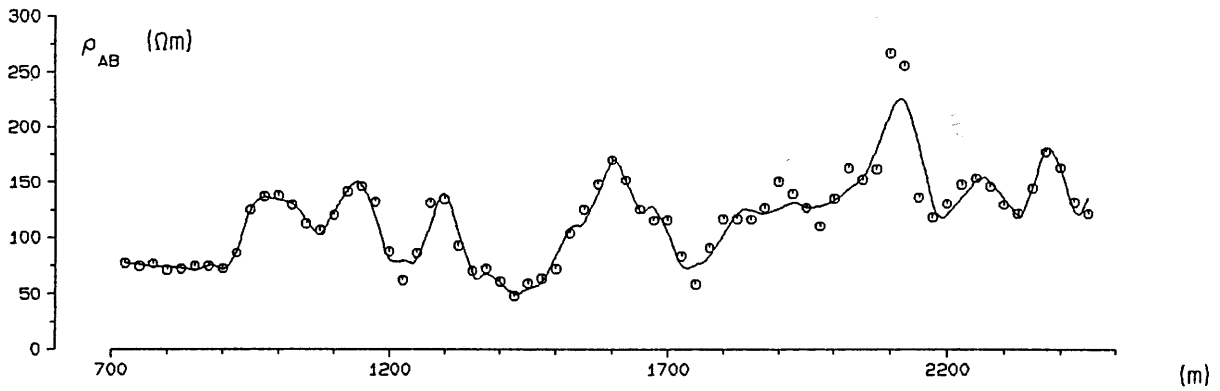
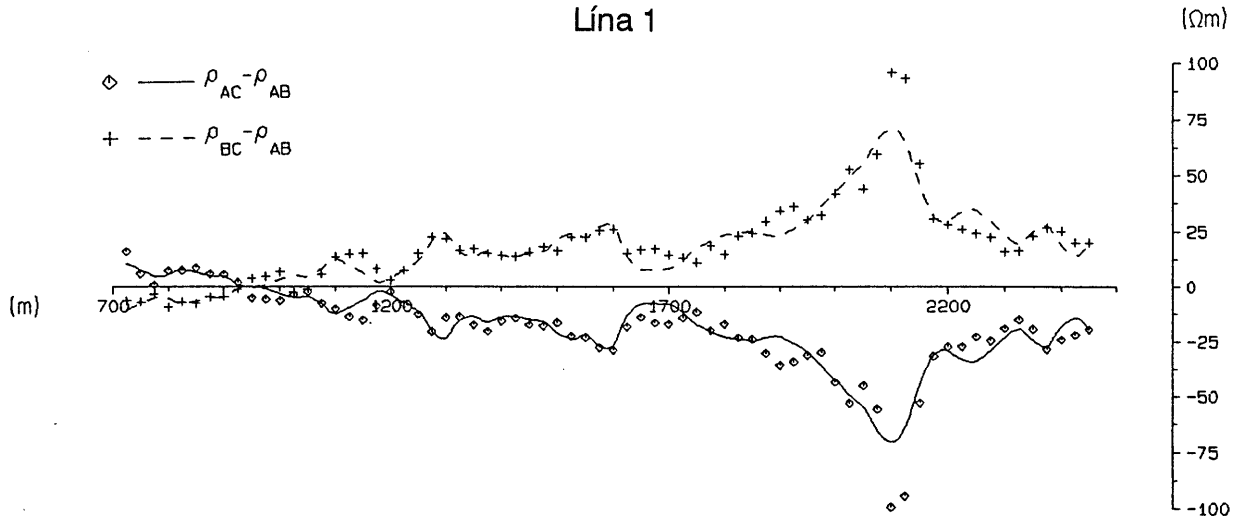
Mynd 2B. Niðurstöður viðnámsniðsmælinga við Uppsali

Viðauki A: Frumgögn mælinga og einfölduð líkön

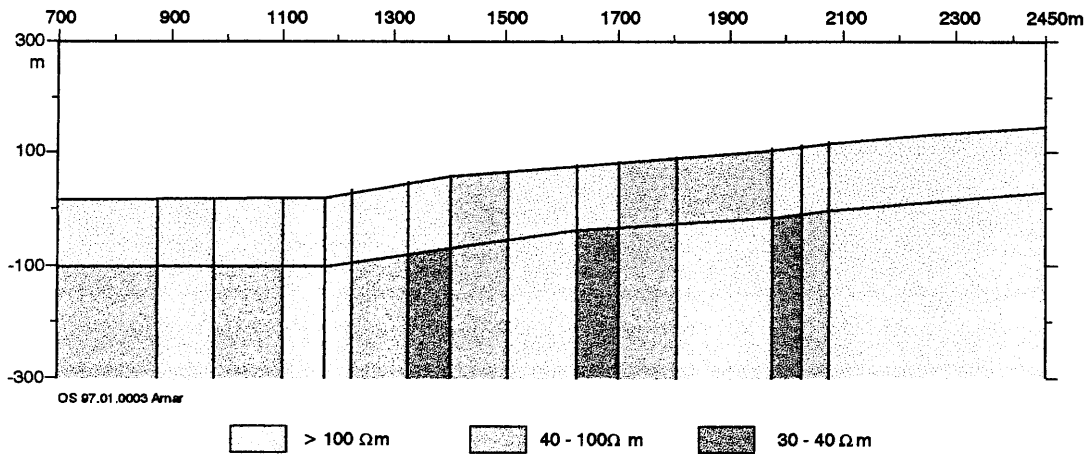
Allar línur voru mældar með 25 m spennuarmi og 500 m straumarmi en línur 5 og G1 voru að auki mældar með 300 m straumarmi. Punktarnir sýna mæld sýndarviðnámsgildi en ferlarnir eru nálgun tilsvareandi líkans að mæligögnunum.

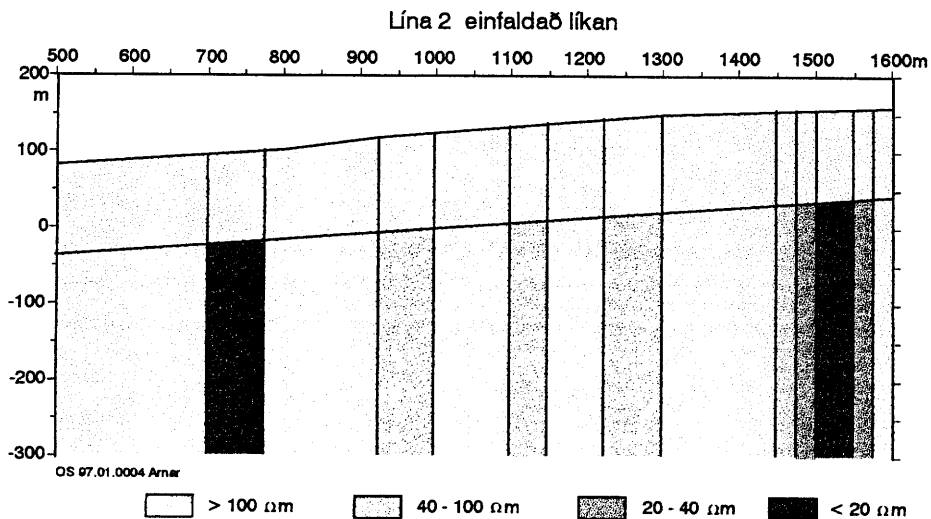
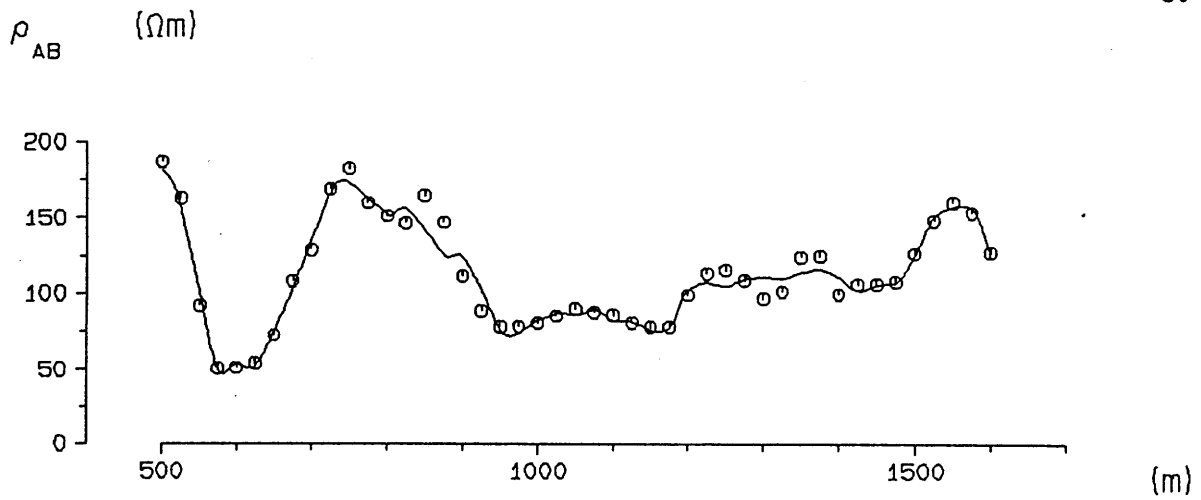
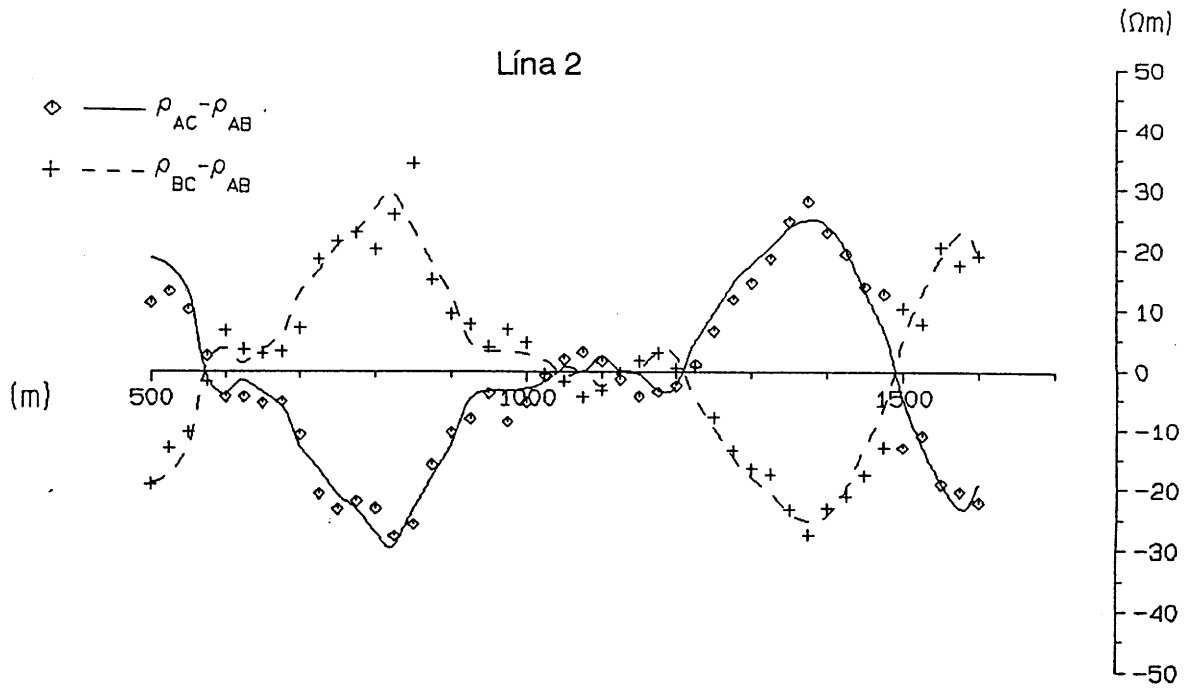
Viðnámsdreifing jarðarinnar á vestar svæðinu þar sem línur 5 og G1 liggja, er mjög erfið viðfangs þar sem lágviðnám og háviðnám virðast vera mjög þétt saman. Mæligögnin duga því ekki til að ákvarða viðnámsdreifinguna og því eru margar lausnir mögulegar. Því eru hér birt tvö líkön af línunum 5 og G1 sem falla best að mæligögnunum. Gerðar voru ótal tilraunir til að fá eina sannfærandi lausn en án árangurs. Prófaðar voru margar þykktir á yfirborsláginu og reyndist best að hafa hana um 110 m fyrir líkön lína 1-5 en 40 og 80 m fyrir líkön línu G1. Forritinu var að jafnaði gefið töluvert frelsi til að ákvarða viðnámsgildin í líkönunum. Í línu G1 var aðeins mælt með 300 m armi frá -400 m til 550 m en það er of stutt til að ná inn á vestara lágviðnámsvæðið og gefur hann því engar upplýsingar um það svæði. Niðurstöður líkanreikninga reyndust auk þess trúverðugari ef 300 m armurinn var ekki hafður með. Þess vegna er 300 m armur línu G1 ekki notaður í líkanreikningum.

Lína 1

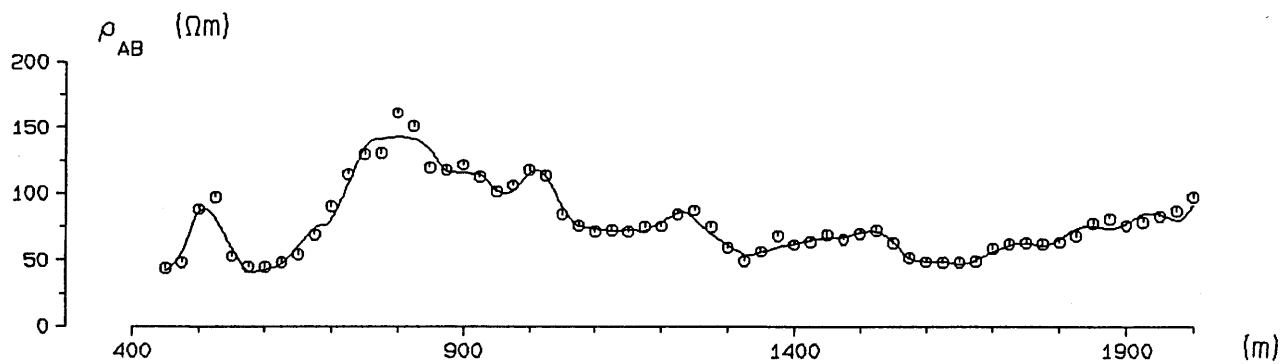
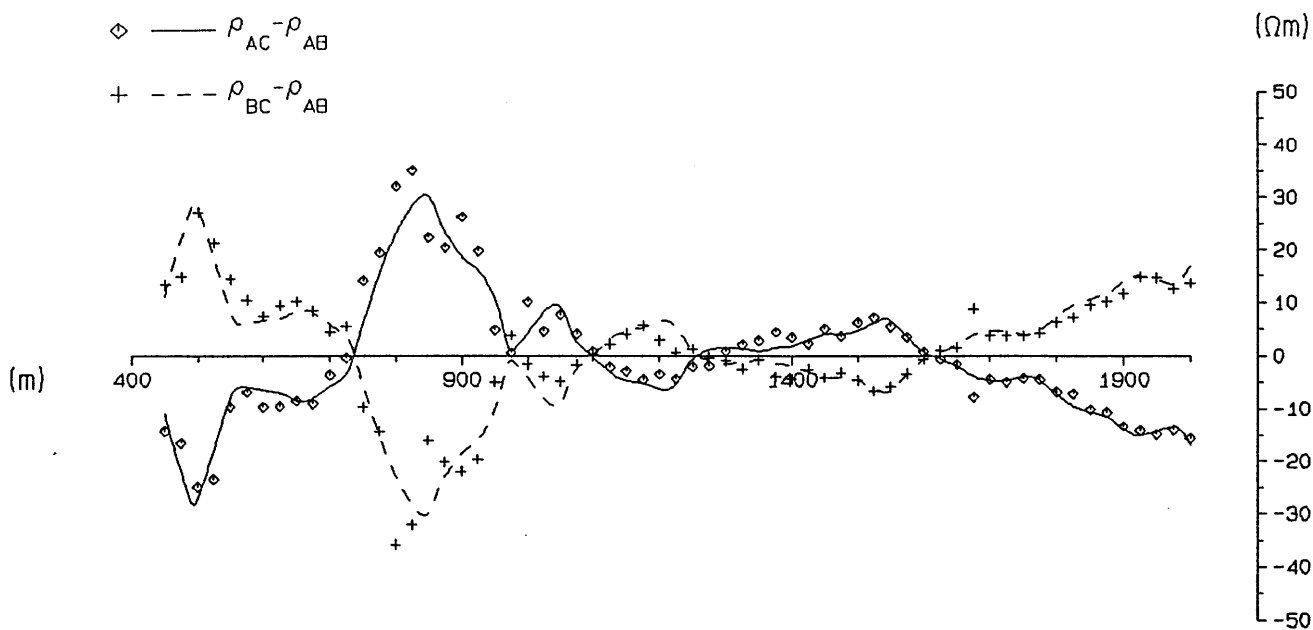


Lína 1 einfaldað líkan

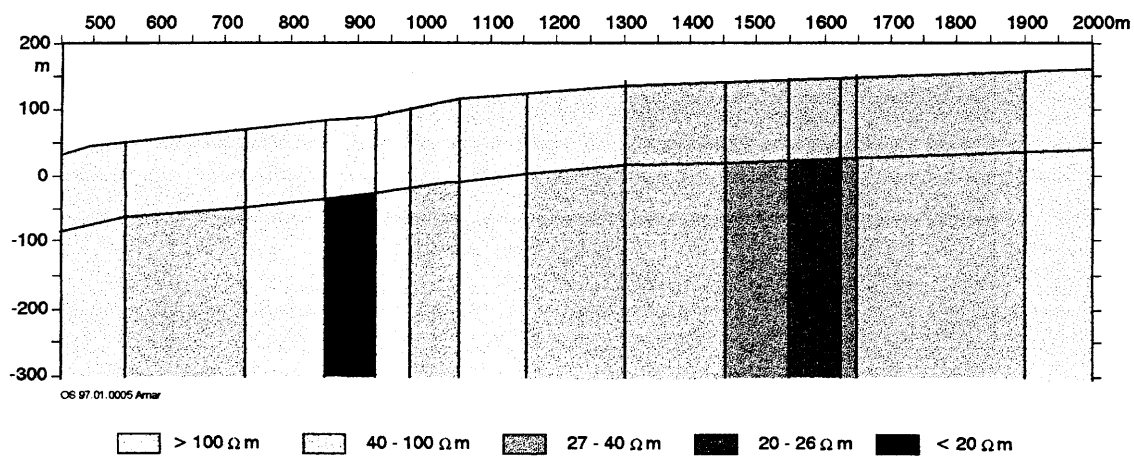




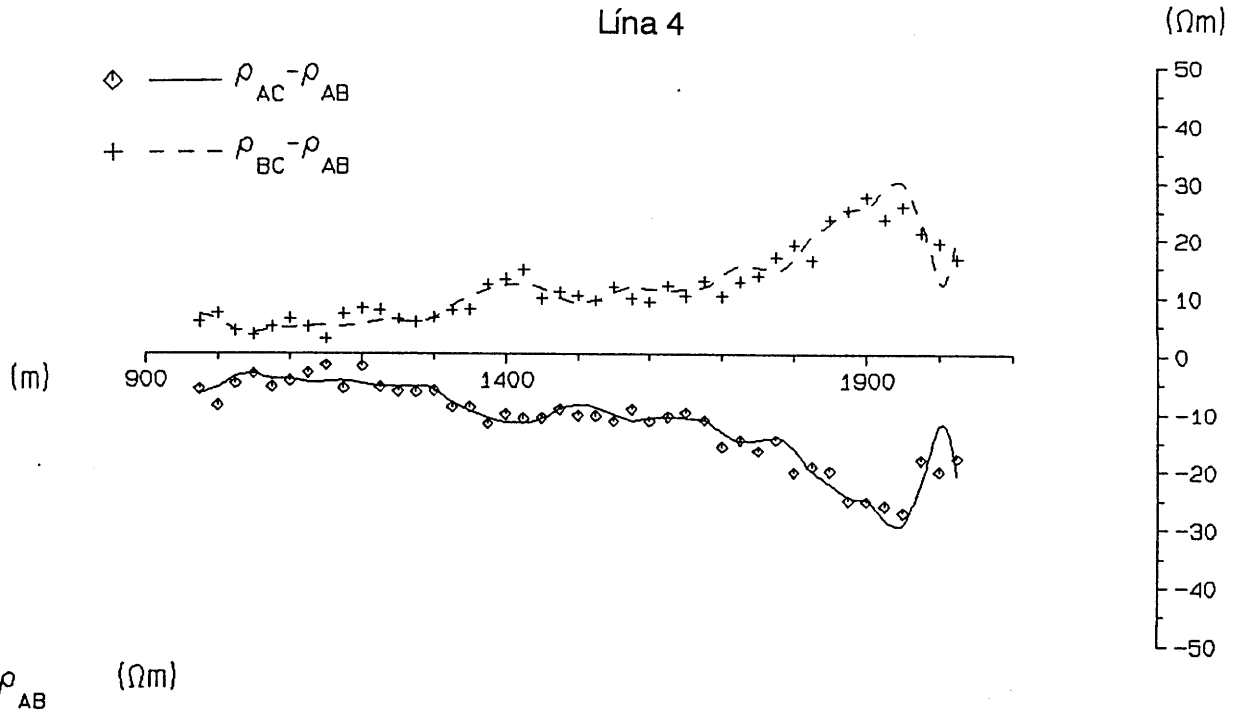
Lína 3



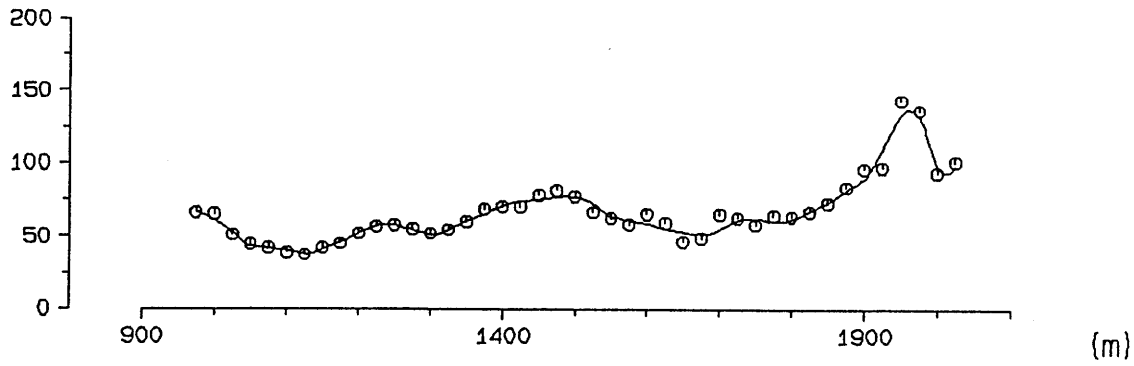
Lína 3 einfaldað líkan



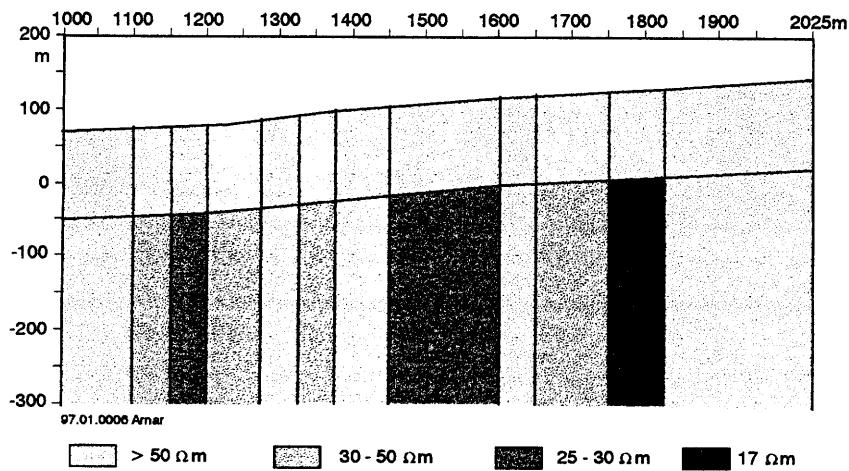
Lína 4

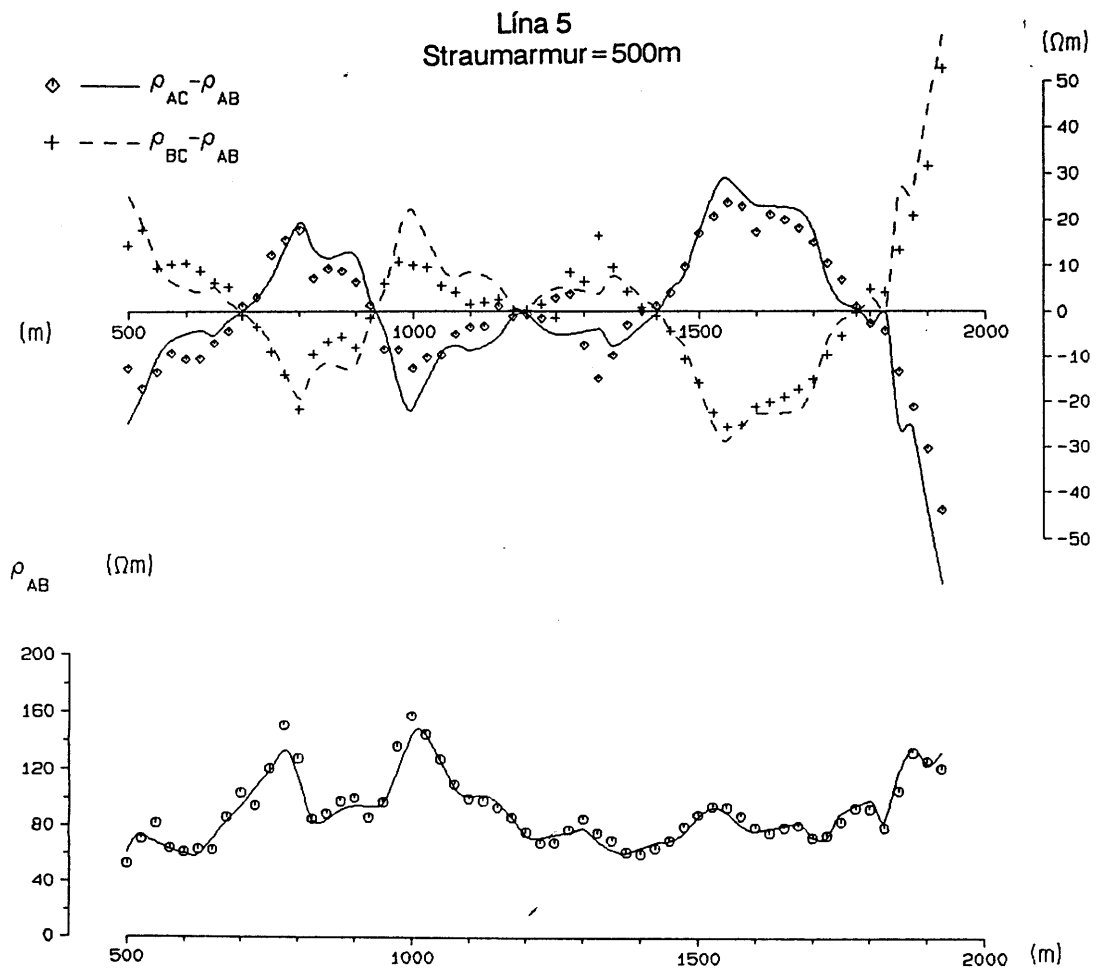
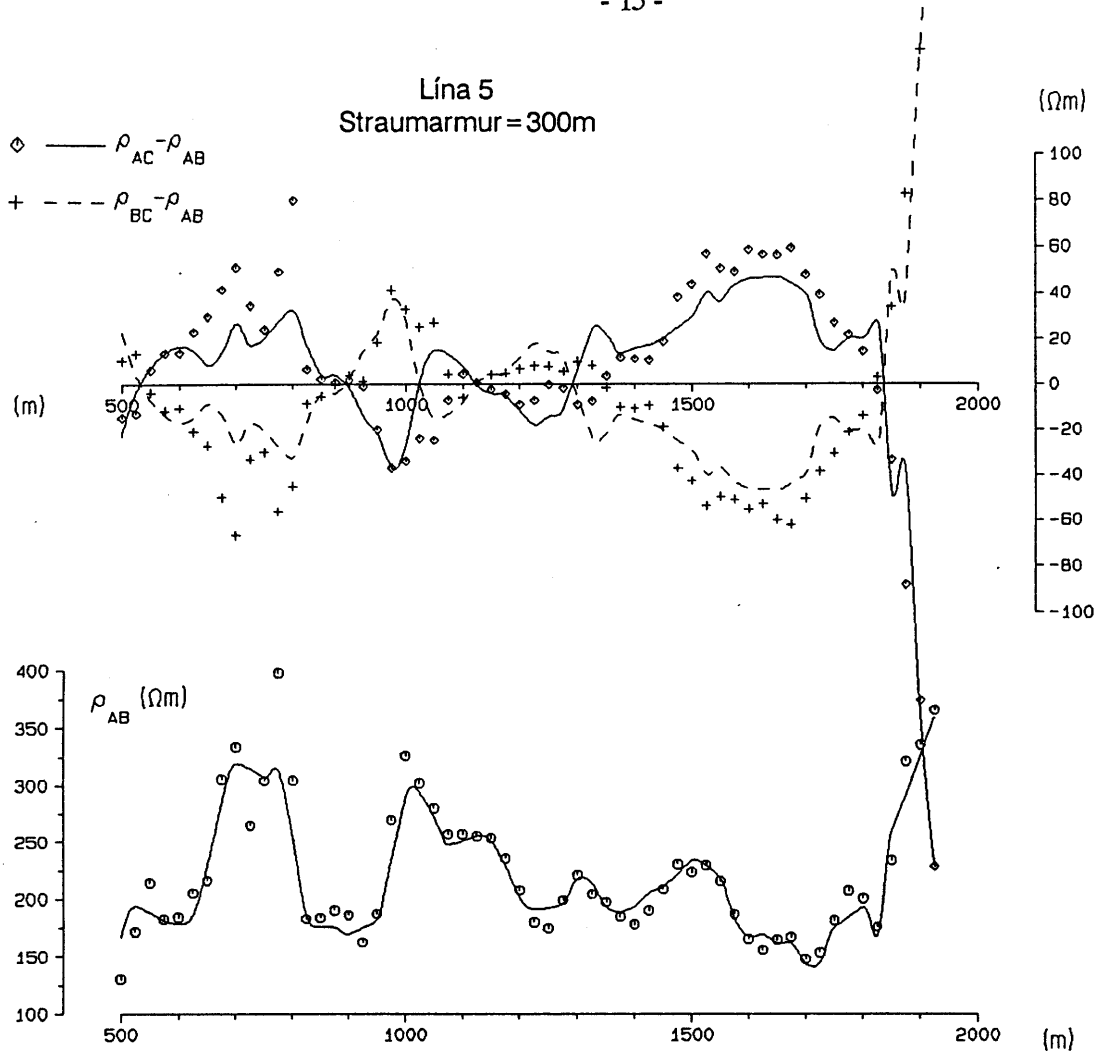


ρ_{AB} (Ωm)

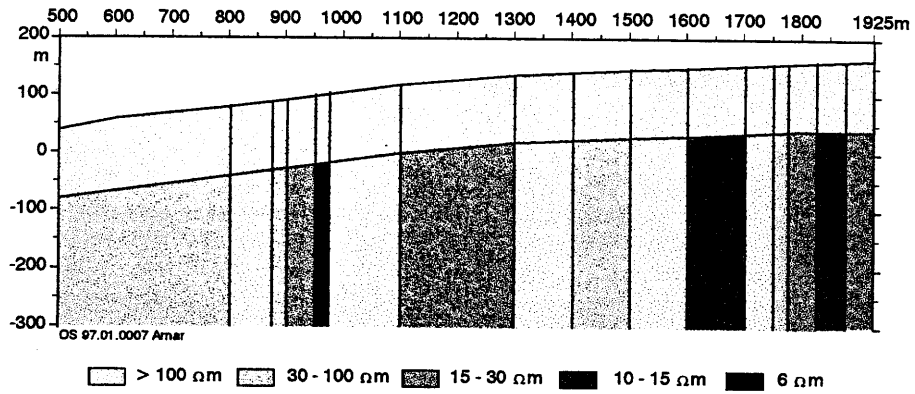


Lína 4 einfaldað líkan

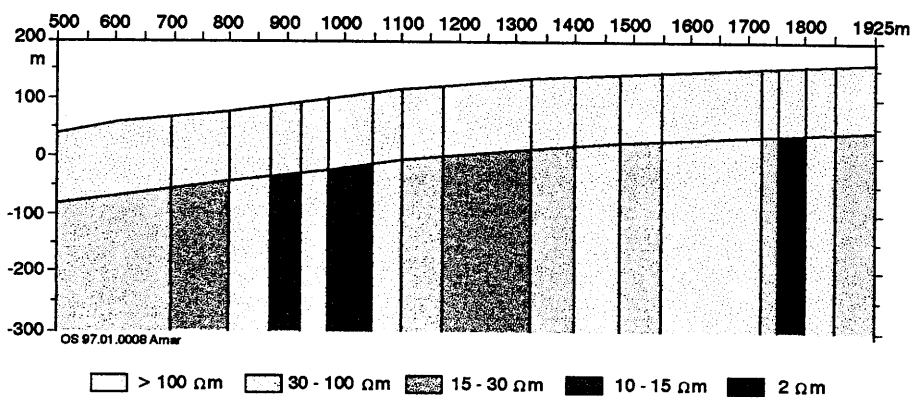




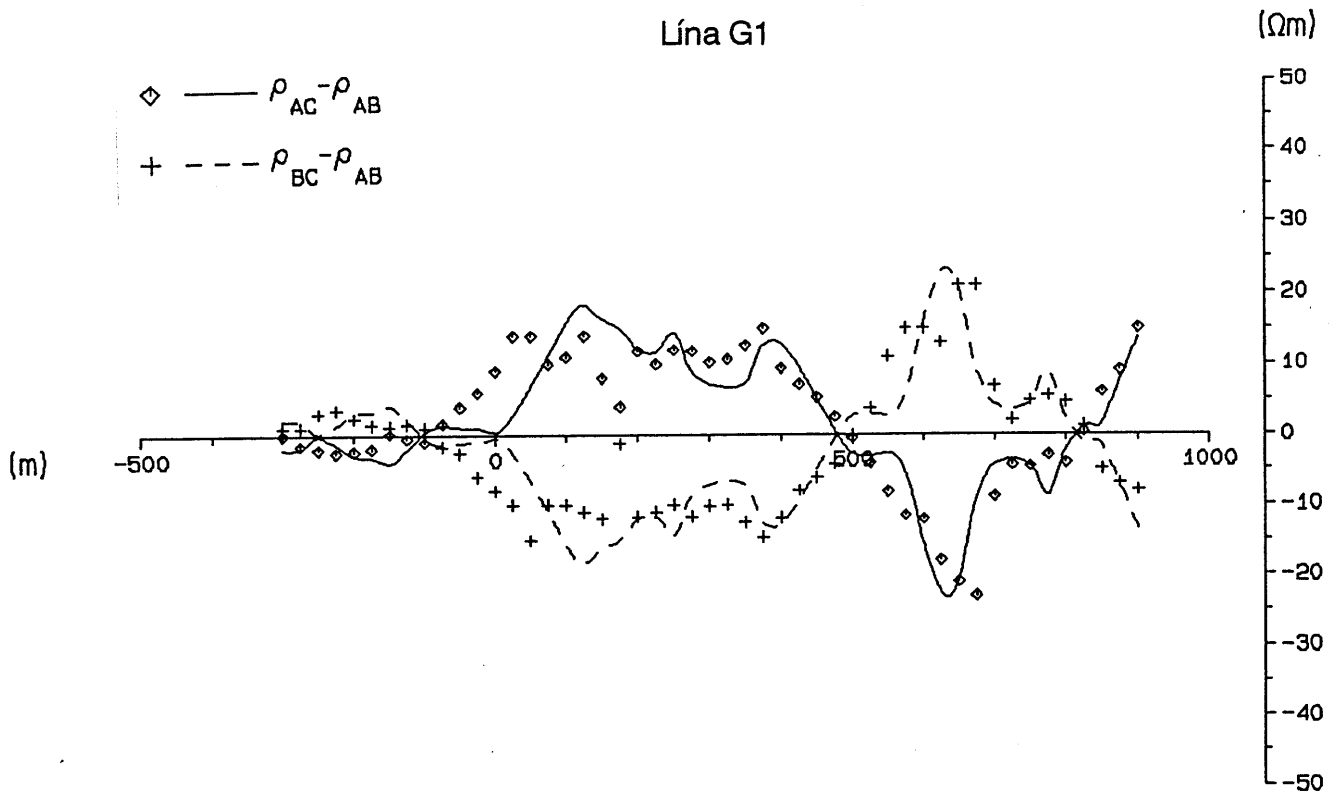
Lína 5A einfaldað líkan



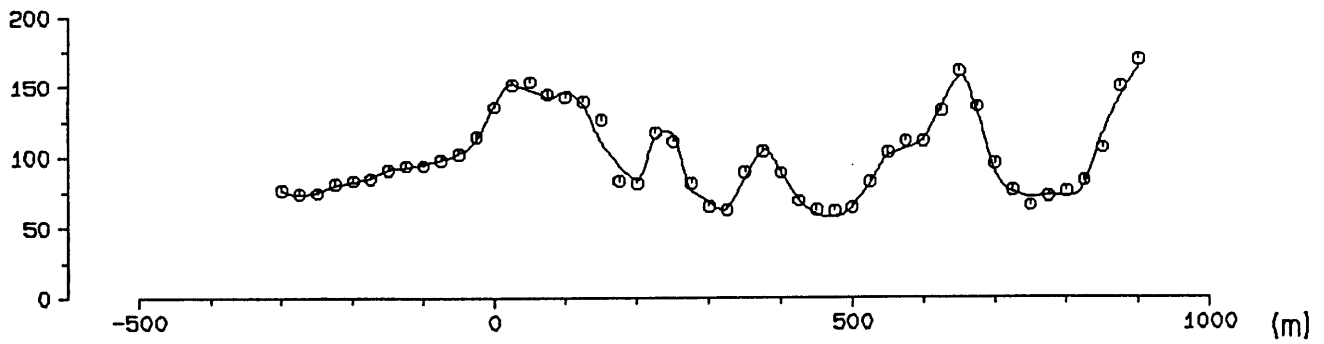
Lína 5B einfaldað líkan

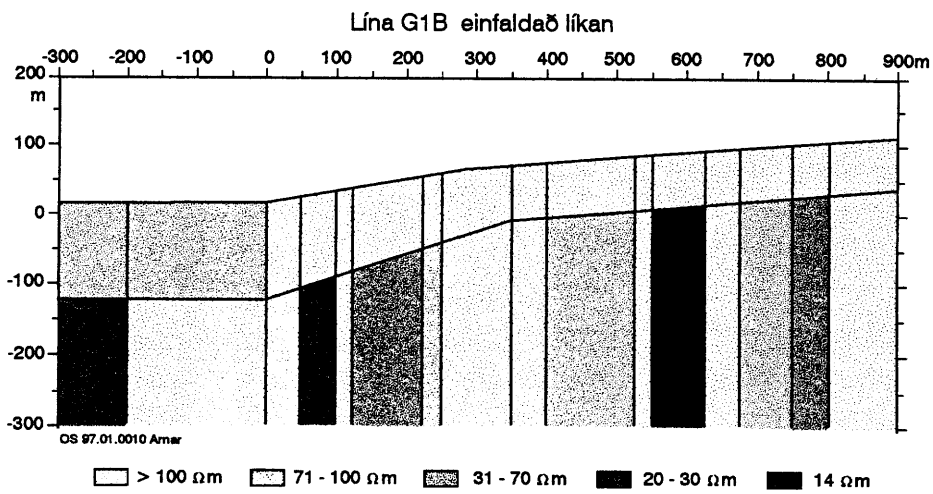
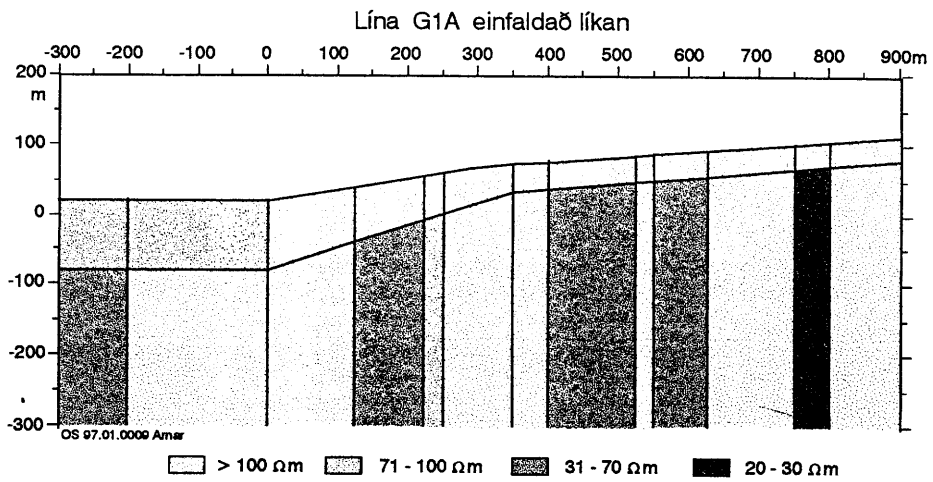


Línea G1



ρ_{AB} (Ωm)





Viðauki B: Staðsetning mællína með GPS-hnitum

Mælipunktur	Norðlæg breidd	Vestlæg lengd
Lína 1		
1050 m	65°33.21 N	18°04.76 V
1500 m	65°33.16 N	18°04.22 V
2300 m	65°33.06 N	18°03.19 V
Lína 2		
1000 m	65°33.41 N	18°03.47 V
1575 m	65°33.57 N	18°02.84 V
Lína 3		
0200 m	65°33.47 N	18°04.62 V
1200 m	65°33.70 N	18°03.54 V
1600 m	65°33.80 N	18°03.07 V
2100 m	65°33.94 N	18°02.50 V
2500 m	65°34.05 N	18°02.09 V
Lína 4		
0600 m	65°33.94 N	18°04.34 V
1150 m	65°34.00 N	18°03.69 V
1250 m	65°33.59 N	18°03.45 V
2000 m	65°34.08 N	18°02.60 V
2500 m	65°34.13 N	18°01.96 V
Lína 5		
0300 m	65°33.40 N	18°04.58 V
0700 m	65°33.48 N	18°04.11 V
1500 m	65°33.64 N	18°03.15 V
2000 m	65°33.74 N	18°02.54 V
2500 m	65°33.85 N	18°01.94 V

Hnitakerfi: Hjörsey 1955

Óvissa í norðlægri breidd er 00°00.02 sem jafngildir 36 m.

Óvissa í vestlægri lengd er 00°00.06 sem jafngildir 48 m.

