



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**ELDSTÖÐVAR OG JARDHITI  
Á HENGILSSVÆÐI**

**Jarðeðlisfræðileg könnun - Viðnámsmæligögn**

Gylfi Páll Hersir, Grímur Björnsson  
Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinsson

OS-90032/JHD-16 B      September 1990

**ELDSTÖÐVAR OG JARÐHITI  
Á HENGILSSVÆÐI**  
**Jarðeðlisfræðileg könnun - Viðnámsmæligögn**

Gylfi Páll Hersir, Grímur Björnsson  
Axel Björnsson og Hjálmar Eysteinsson

OS-90032/JHD-16 B      September 1990



## EFNISYFIRLIT

EFNISYFIRLIT .....	3
MYNDASKRÁ .....	4
TÖFLUSKRÁ .....	4
1. INNGANGUR .....	5
2. VIÐNÁMSMÆLINGAR .....	5
2.1 Um eðlisviðnám bergs .....	5
2.2 Um framkvæmd viðnámsmælinga .....	7
2.3 Úrvinnsla viðnámsmælinga .....	9
2.3.1 Almenn atriði .....	9
2.3.2 Túlkun viðnámsmælinga frá háhitasvæðum .....	9
2.3.3 Einvíð túlkun .....	12
2.3.4 Óvissur mæligilda og áhrif á túlkun mælinga .....	13
2.3.5 Tvívíð túlkun .....	14
2.4 Heimildir .....	16
3. STAÐSETNING VIÐNÁMSMÆLINGA .....	19
4. VIÐNÁMSMÆLIFERLAR OG TÚLKUN ÞEIRRA .....	29
4.1 Schlumbergermælingar og einvíð túlkun þeirra .....	31
4.2 Schlumbergermælingar og tvívíð túlkun þeirra .....	58
4.3 Tvípólmælingar .....	60
4.4 MT-mælingar .....	65

## MYNDASKRÁ

1	Eðlisviðnám sem fall af hitastigi við mismunandi þrýsting.....	6
2	Schlumberger-uppsetning viðnámsmælinga.....	8
3	Sýndarviðnám sem fall af straumarmslengd fyrir mismunandi P .....	11
4	Sýndarviðnám sem fall af S, P=25 m, en misþykkur lágviðnámskassi í mælimiðju.....	11
5	Staðsetning Schlumbergermælinga .....	20
6	Staðsetning tvípólmælinga .....	21
7	Staðsetning MT-mælinga.....	22

## TÖFLUSKRÁ

1	Eðlisviðnám í mismunandi jarðlögum á Íslandi.....	5
2	Staðsetning viðnámsmælinga .....	23

## 1. INNGANGUR

B-skýrsla þessi er fylgirit við skýrsluna: Eldstöðvar og jarðhiti á Hengilssvæði. Jarðeðlisfræðileg könnun (Gylfi Páll Hersir, Grímur Björnsson og Axel Björnsson 1990. Orkustofnun, OS-90031/JHD-06). Skýrslan skiptist í þrennt. Í fyrsta lagi er fjallað almennt um framkvæmd og túlkun viðnámsmælinga. Þessi umfjöllun einskorðast við Schlumbergermælingar. Í öðru lagi eru birt kort sem sýna staðsetningu viðnámsmælinga og töflur þar sem gefin eru upp hnit mælinga og ýmsar aðrar upplýsingar um þær. Í þriðja lagi eru sýndir mældir og reiknaðir sýndarviðnámsferlar, bæði Schlumbergermælinga (ein- og tvívíð túlkun) og MT-mælinga, auk mæliferla tvípólmælinga.

## 2. VIÐNÁMSMÆLINGAR

Mælingar á eðlisviðnámi jarðlaga hafa reynst gagnlegastar allra jarðeðlisfræðilegra yfirborðsmælinga við jarðhitaleit. Enda tengist eðlisviðnám jarðlaga eiginleikum grunnvatns og bergs. Reynslan hefur sýnt að jarðhita fylgir undantekningalítið lækkun á eðlisviðnámi jarðlaga. Því má nota viðnámskort við mat á útbreiðslu jarðhitans á því dýpi sem mælingar skynja.

### 2.1 Um eðlisviðnám bergs

Eðlisviðnám jarðlaga getur hlaupið á fimm stærðarþrepum (1-100.000  $\Omega\text{m}$ ).

TAFLA 1: Eðlisviðnám í mismunandi jarðlöögum á Íslandi eins og það hefur mælst í viðnámsmælingum (Axel Björnsson 1980, lítillega breytt)

Jarðlagagerð	Eðlisviðnám í $\Omega\text{m}$
Hraun frá nútíma, ofan grunnvatnsborðs	5.000-50.000
Þétt gabbró- og dólerít-inniskot	10.000-15.000
Hraun frá nútíma, neðan grunnvatnsborðs	100-3.000
Blágrýtislög, frekar þétt	100-300
Móberg, jökulurð, brotið berg	20-100
Lághitasvæði í blágrytismyndunum	30-100
Lághitasvæði í móbergsmyndunum	10-50
Jarðög með sjávarseltu	5-15
Ferskvatns háhitasvæði	1-5
Sjávarblönduð háhitasvæði	1-4

Á jarðhitasvæðum er berg venjulega vatnssósa neðan við ákveðið dýpi. Þeir þættir sem almennt eru taldir ráða eðlisviðnámi vatnsmettaðra jarðlaga eru holrými, eðlisviðnám poruvökvans, hiti og ummyndunarsteindir. Samkvæmt hitamælingum í borholum er hiti á Hengilssvæði allt að 380 °C, og hiti yfir 200 °C er algengur. Áhrif fyrrgreindra þátta á eðlisviðnám við svo háan hita eru flókin og lítt þekkt. Þó bendir margt til þess að eðlisviðnám jarðhitavökvans skipti litlu máli, nema það sé undir 1  $\Omega\text{m}$  líkt og í söltum háhitasvæðum á utanverðum Reykjarnesskaga (Ólafur Flóvenz o.fl. 1985). Eðlisviðnám jarðhitavökva á Nesjavöllum er um 15  $\Omega\text{m}$  við 23 °C og 2-3  $\Omega\text{m}$  við 200-250 °C (Einar Gunnlaugsson munnlegar upplýsingar). Nærri læt-

ur að eðlisviðnám vatns lækki línulega með vaxandi seltu (Castellan 1964).

Eðlisviðnám jarðhitavökva lækkar með vaxandi hitastigi, allt að 150-200 °C, nái það ekki að sjóða. Þessu veldur lækkandi seigja og aukinn hreyfanleiki jónanna. Dakhnov (1962) hefur lýst þessu sambandi.

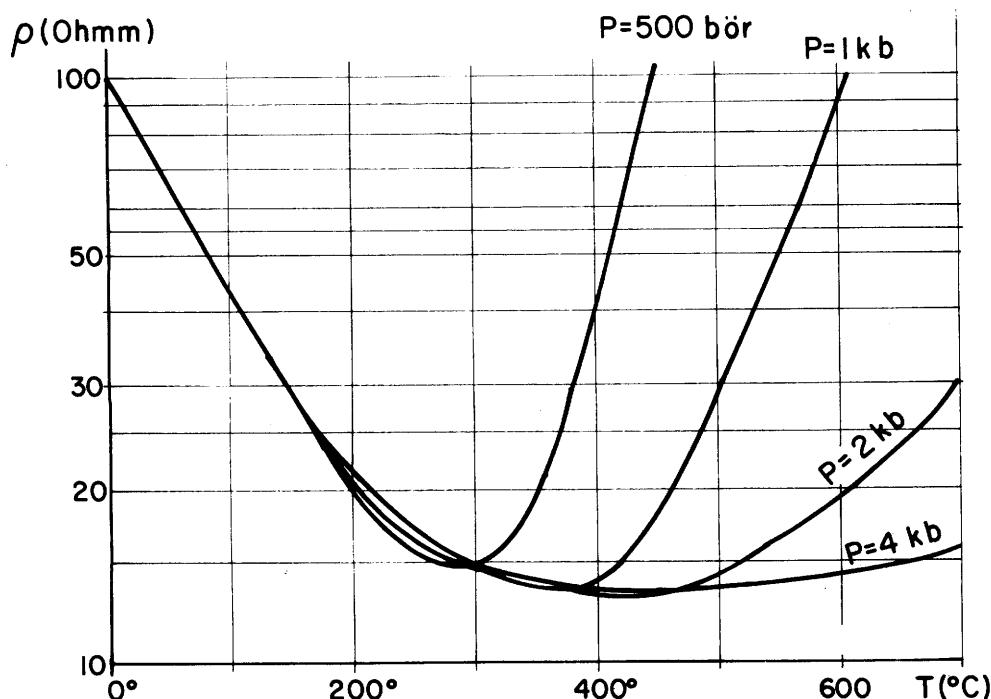
$$\rho_w = \frac{\rho_{w_0}}{1 + \alpha(T - T_0)},$$

þar sem:

$\rho_{w_0}$  er eðlisviðnám jarðhitavökvens við hitastigið  $T_0$ .

Líta má á  $\alpha$  sem fasta er breytist lítið með hita. Fyrir  $T_0 = 23$  °C er  $\alpha = 0,023$  C<sup>-1</sup>, en fyrir  $T_0 = 0$  °C er  $\alpha = 0,025$  C<sup>-1</sup>.

Þegar hiti er orðinn hár og farinn að nálgast markhitastig (e. critical temperature) vatns gildir þessi jafna ekki lengur og eðlisviðnám fer aftur hækkandi með hækkandi hita. Hár þrýstingur verkar gegn þessari þróun (Quist og Marshall 1968).



MYND 1: Eðlisviðnám 0,001 N NaCl-lausnar sem fall af hitastigi við mismunandi þrýsting (Quist og Marshall 1968, lítillega breytt)

Mynd 1 sýnir áhrif hitastigs- og þrýstingsbreytinga á eðlisviðnám veikrar raflausnar (Quist og Marshall 1968). Þar sést að við skaplegt hitastig fellur eðlisviðnámið veldislega en þegar hitinn nálgast markhitastig vatns byrjar það að hækka aftur. Eftir því sem þrýstingur vex verður þessi viðnámshækkun minni. Þessi áhrif valda því að í bergi þar sem poruvökvin er mjög heitur, 300-400 °C, getur eðlisviðnámið verið hærra en í eilítið kaldara bergi umhverfis, enda þótt

engin gufa sé til staðar í heita berginu. Gufa hefur mun hærra eðlisviðnám en vökvi þannig að suðu í jarðhitakerfum fylgir hækjun í eðlisviðnámi (Meidav 1980).

Við langvarandi snertingu heits vatns við berg ummyndast hluti bergsins. Gerð ummyndunardeinda ræðst einkum af hitastigi og efnasamsetningu bergs og jarðhitavökva. Smektít og zeólitar eru ráðandi ummyndunarsteindir á Íslandi við 50-200 °C berghita, blandlagssteindir og klórít við 200-250 °C, og epidót þegar hiti er kominn um og yfir 250 °C (Hrefna Kristmannsdóttir 1979; Hjalti Franzson 1988). Smektít er með laust bundnar jónir sem eru hreyfanlegar og því nokkuð velleiðandi. Þar sem mikil ummyndun í smektít hefur átt sér stað, getur leiðni bergmassans orðið mikil. Klórít og epidót hafa hins vegar ekki laustbundnar jónir og leiða því illa.

Á jarðhitasvæðum geta margir þættir leitt til lækkunar á eðlisviðnámi jarðlaga. Í fyrsta lagi er lekt (holrými) oft meiri á jarðhitasvæðum en utan þeirra. Þá er jarðhitavatn gjarnan saltara en kalt grunnvatn, því heitt vatn á auðveldara með að leysa upp steindir úr berginu. Ummyndun bergs í leir og zeólíta veldur því að eðlisviðnám bergmassans sjálfs lækkar. Loks er hugsanlegt að í kerfum þar sem hræring er (e. convection) geti holrými aukist þegar jarðhitavökvin leysir upp steindir og flytur þær burt frá uppstreymissvæðinu.

Í kjarna háhitasvæða á Íslandi, m.a. á Hengilssvæði, er algengt að hátt viðnám komi fram neðan lágvíðnáms. Settar hafa verið fram fimm hugsanlegar skýringar á þessu fyrirbrigði:

1. Breyting í berggerð, aðallega þegar kemur niður í þétt og fersk innskot.
2. Breytingar í ummyndunarsteindum (úr velleiðandi smektíti og zeólítum yfir í torleiðandi blandlagssteindir og klórít).
3. Jarðhitakerfið er í suðu. Viðnám gufu er hærra en viðnám vatns.
4. Hiti lækkar með dýpi, einkum vegna láréttis rennslis heits vatns ofan til í jarðhitakerfinu.
5. Mjög hár hiti. Viðnám vatns vex verulega þegar hiti fer yfir 300 °C.

Hér verður ekki farið út í umræðu um þessar skýringar. Um þær er fjallað á ítarlegan hátt í aðalskýrslunni.

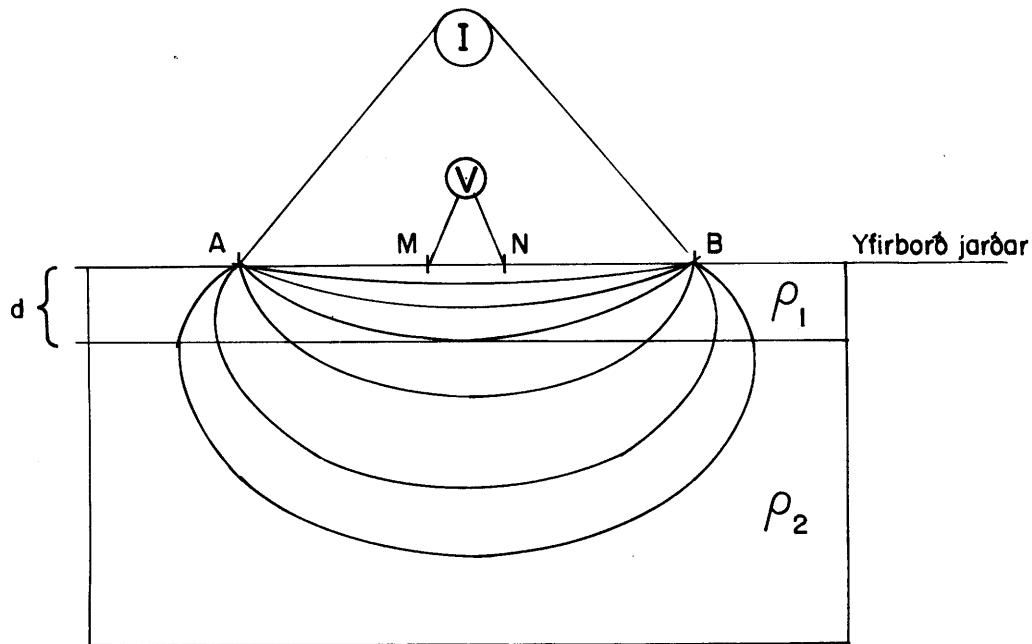
Af framansögðu má ljóst vera að ekki er einkvæmt samband milli eðlisviðnáms og eðlisástands jarðlaga. Við jarðhita- og jarðfræðilega túlkun á niðurstöðum viðnámsmælinga er því mikill styrkur í að geta haft hliðsjón af óháðum gögnum fengnum með öðrum jarðvísindalegum aðferðum og athugunum.

## 2.2 Framkvæmd viðnámsmælinga

Viðnámsmælingar eru notaðar til að mæla eðlisviðnám jarðar. Þær skiptast í two flokka, jafnstraumsmælingar og riðstraumsmælingar. Frá 1970 og fram til ársins 1988 hefur nær eingöngu verið notast við jafnstraumsmælingar við jarðhitaleit á Íslandi. Þó voru MT-mælingar notaðar nokkuð á þessum árum til að kanna viðnám á miklu dýpi, í neðri hluta skorpu og efri hluta möttuls.

Jafnstraumsmælingar fara þannig fram, að rafstraumur er sendur milli tveggja straumskauta og mæld sú spenna sem myndast á milli tveggja spennuskauta á yfirborði. Reiknað er svonefnt sýndarviðnám út frá hlutfalli straums og mældrar spennu, og innbyrðis afstöðu straum- og spennuskauta. Sýndarviðnámið er síðan túlkað yfir í raunverulegt eðlisviðnám jarðar. Til eru ýmsar tegundir jafnstraumsmælinga með mismunandi innbyrðis afstöðu straum- og spennuskauta. Algengast er, að þau séu á beinni línu, straumskaut yst og spennuskaut mitt á milli. Ef fjarlægð milli spennuskauta er höfð mun minni en fjarlægð milli straumskauta, er mæliuppsetningin nefnd Schlumberger-uppsetning og mælingin Schlumbergermæling. Í Schlumbergermælingum er fjarlægð milli straumskauta aukin stig af stigi til að fá upplýsingar um viðnám á meira dýpi. Schlumbergermælingar veita því upplýsingar um eðlisviðnám jarðar á mismunandi dýpi undir mælistið og í næsta nágrenni. Þær eru notaðar til að afmarka svæði með afbrigðilega lágu viðnámi.

Tvíþólmælingar eru önnur tegund jafnstraumsmælinga. Þær er straumskautum haldið kyrrum en spennuskaut færð í sífellt meiri fjarlægð frá straumskautum. Schlumberger-uppsetning er mest notuð hér á landi og einskorðast umræður um viðnámsmælingar í þessum kafla við hana. Mæliuppsetning er sýnd á mynd 2.



89.10.0524

#### MYND 2: Schlumberger-uppsetning viðnámsmælinga

Eins og fram kemur af mynd 2 sendir straumgjafi út straum (I) milli straumskauta A og B. Straumur dreifist um jörðina og nær því dýpra niður sem lengra er milli straumskauta. Spennufallið ( $\Delta V$ ), sem við þetta myndast milli spennuskauta M og N er mælt með spennumæli. Spennufallið  $\Delta V$  (volt) er háð styrk útsends straums I (amper), innbyrðis afstöðu skauta og eðlisviðnámi jarðlaga ( $\Omega m$ ), sem straumurinn fer um.

Svonefnt sýndarviðnám ( $\rho_a$ ) er reiknað út samkvæmt eftirfarandi jöfnu:

$$\rho_a = K \cdot \frac{\Delta V}{I}; \quad K = \frac{\pi}{2} \frac{S^2 - P^2}{P}$$

Hér er,  $S=AB/2$  og  $P=MN/2$ . Fastinn  $K$  er einungis háður innbyrðis afstöðu straum- og spennuskauta.

Eins og áður sagði er straumdreifingin í jörðinni háð fjarlægð milli straumskauta. Meðan fjarlægðin milli A og B er lítl miðað við þykkt efra lagsins ( $d$ ) fer nánast allur straumurinn um efra lagið og sýndarviðnámið sem mælist verður því jafnt raunverulegu eðlisviðnámi efra lagsins, þ.e.  $\rho_1$  (sjá mynd 2). Til þess að fá upplýsingar um viðnámsdreifingu neðar í jörðinni er fjarlægð milli straumskauta smám saman aukin. Þegar fjarlægðin AB verður miklu stærri en þykkt efra lagsins, fer straumurinn nær eingöngu eftir neðra laginu og mælt sýndarviðnám nálgast því raunverulegt eðlisviðnám neðra lagsins, þ.e.  $\rho_2$ .

Einvíð líkön af eðlisviðnámi jarðlaga (viðnám breytist einvörðungu með dýpi) eru sjaldan jafn einföld og það tveggja laga líkan sem hér hefur verið lýst. Í raun eru þau samsett úr miklum fjölda viðnámslag. Næmni mælinga er hins vegar ekki meiri en svo, að oftast eru fjögur til sex lög latin nægja.

Í Schlumbergermælingum er fjarlægð milli straumskauta aukin smám saman og sýndarviðnám mælt fyrir hvert straumskautabil. Mælt sýndarviðnám er teiknað sem fall af hálfri fjarlægð milli straumskauta (AB/2) á tvílogaritmiskan pappír. Dæmi um slíka viðnámsferla er að finna í kafla 4.1. Mælingaflokkar Orkustofnunar skila niðurstöðum mælinga frá sér á þessu formi til þeirra, sem annast úrvinnslu.

## 2.3 Úrvinnsla viðnámsmælinga

### 2.3.1 Almenn atriði

Úrvinnsla viðnámsmælinga er tvíþætt. Í fyrsta lagi þarf að túlka sýndarviðnámsferlana, þ.e. lesa úr þeim "raunverulegt" eðlisviðnám jarðar og draga saman niðurstöður einstakra viðnámsmælinga í heildarmynd af viðnámsdreifingu svæðisins. Í öðru lagi er viðnámsdreifingin borin saman við aðrar rannsóknir á svæðinu, s.s. jarðfræði, segul- og þyngdarmælingar, efnafræði- og smáskjálftarannsóknir o.s.frv. Þannig fæst heilsteypit mynd af viðnámi og jarðlagagerð, sem síðan er tengd ýmsum jarðhitalegum þáttum, sem ákvarða gerð og lögun jarðhitavæðis, eins og hita, holrými, ummyndun, seltu o.s.frv.

Á jarðhitadeild Orkustofnunar eru til forrit, sem túlka viðnámsmælingar einvít eða tvívít. Erlendis er unnið að þróun forrita, sem túlka viðnámsmælingar þrívít. Viðamikil tölvuvinnsla háir þeirri þróun enn sem komið er.

### 2.3.2 Túlkun viðnámsmælinga frá háhitasvæðum

Ýmis mælitæknileg vandamál eru tengd viðnámsmælingum á háhitasvæðum. Þau má einkum rekja til eftirfarandi þriggja þátta:

- Lélegs sambands milli straumskauta og jarðar.
- Lágs viðnáms í jörðu neðan yfirborðslaga.
- Mjög mikilla viðnámsbreytinga milli jarðlaga.

Flest háhitasvæði á Íslandi eru tengd eldvirkni. Yfirborð þeirra er því iðulega þakið þurrum og lítt grónum ungum hraunum þannig að mjög erfitt er að fá gott samband milli straumskauta og jarðar. Af þessu leiðir að sá straumur sem hægt er að senda milli straumskauta er að jafnaði lítill. Spennufall milli spennuskauta er í beinu hlutfalli við útsandan straum og er því einnig lítið. Þetta verður til þess að óvissur og skekkjur í mældri spennu (s.s. frá jarðspennum og innri skekkjum í spennumæli, þegar hann er notaður að ystu mörkum) geta orðið stórar. Óvissu er reynt að halda í skefjum með því að margendurtaka spennumælinguna og reikna síðan vegið meðaltal. Innri skekkjur í mælitækjum er hins vegar ekki hægt að losna við.

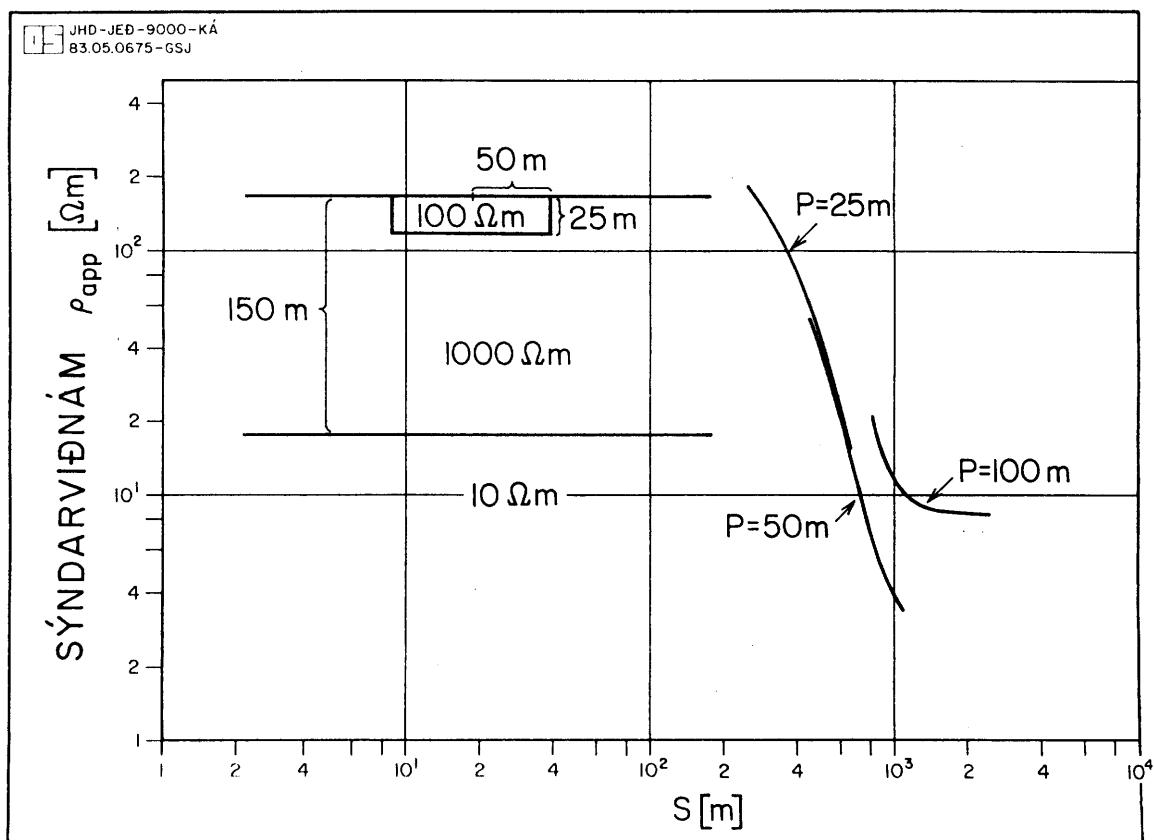
Viðnám í jarðhitakerfum háhitasvæða er að jafnaði mjög lágt. Spennufall milli spennuskauta verður því lítið. Lágt viðnám á háhitasvæðum hefur því í för með sér sama vandamál og lýst var hér að framan. Af þessu leiðir að eitt aðalvandamálið við viðnámsmælingar á háhitasvæðum er lítið spennufall milli spennuskauta.

Í Schlumbergermælingum verður öðru hverju að auka fjarlægð milli spennuskauta til að spennufallið milli þeirra sé mælanlegt með nægjanlegri nákvæmni. Hér lendis er þetta oftast gert sex sinnum í hverri mælingu. Þó er reynt að hafa bili milli spennuskauta sem styrt til að draga ekki óþarflega úr dýptarskynjun í mælingum. Hægt er að sýna fram á að dýptarskynjun viðnámsmælinga er ekki meiri en stytta fjarlægð frá straumskauti að spennuskauti (Knútur Árnason 1984). Sýndarviðnámsferill sem þannig fæst verður því samsettur úr nokkrum hlutum og er hver hluti mældur með einni spennuarmslengd. Reynslan sýnir að stundum falla þessir bútar sýndarviðnámsferils saman en stundum ekki. Þegar ekki mælist sama sýndarviðnám á stuttum og löngum spennuarmi við sama straumarm er talað um spennustökk í mælingunni. Slíkar ósamfellur geta verið mjög bagalegar þar eð mörg forrit, sem notuð eru við túlkun Schlumbergermælinga, krefjast samfelldra viðnámsferla og því verður að leiðréttu ferlana til að losna við ósamfellur áður en túlkun getur hafist. Slíkar leiðréttigar geta verið vandasamar og orkar oft tvímælis hvernig best sé að framkvæma þær.

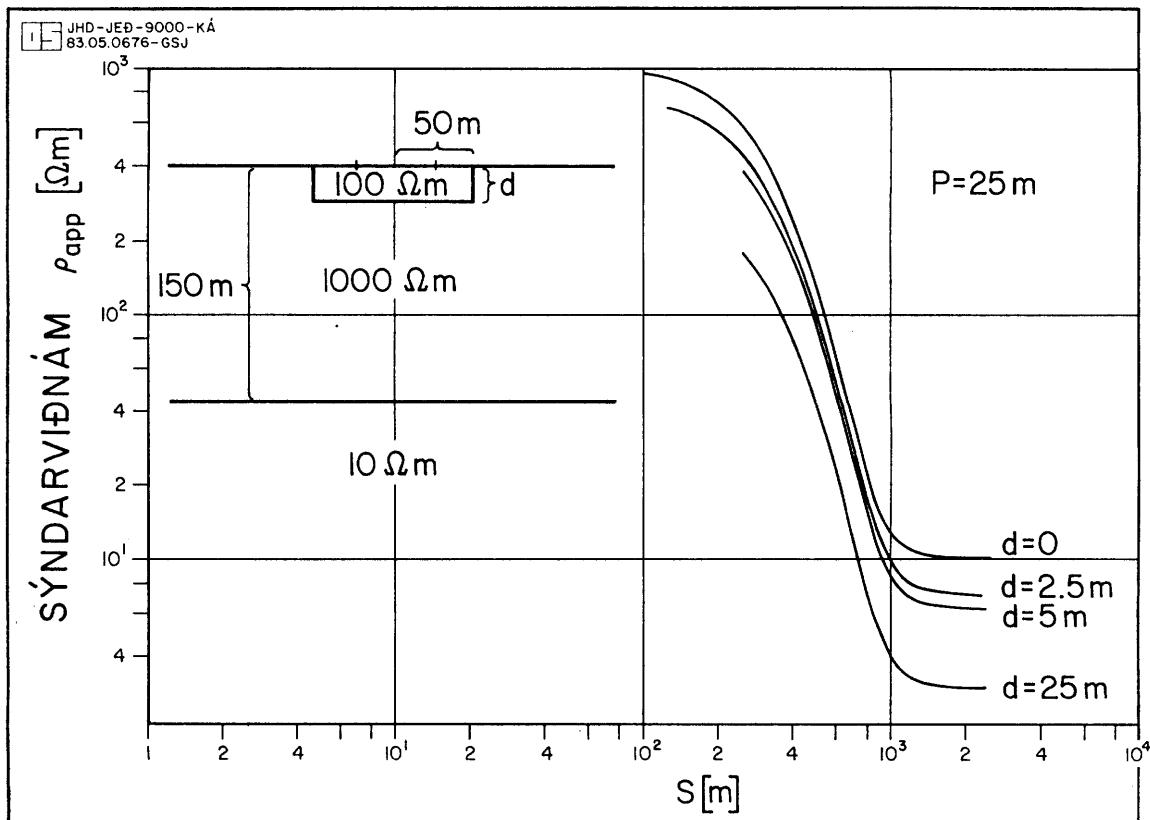
Ósamfellum má í grófum dráttum skipta í tvær gerðir:

- Hliðrun sem minnkar með vaxandi straumarmi (samleitin spennustökk).
- Hliðrun sem breystist ekki með vaxandi straumarmi (föst spennustökk).

Oftast er þó um að ræða samblanda þessara tveggja gerða spennustökka. Samleitin spennustökk stafa af miklum mun á eðlisviðnámi laga í lárétt lagskiptri jörð. Ástæðan er sú að dýptarskynjun mælingar ræðst af stytta fjarlægð milli straumskauts og spennuskauts, S-P. Fyrir mislanga spennuarma, P, en fastan straumarm, S, er því í raun verið að skoða viðnám á mismunandi dýpi. Ef S-P er álíka stórt og dýpið niður á lagamót, má því ljóst vera að misstór P gefa ekki sama gildi á sýndarviðnámi. Þessi munur í sýndarviðnámi minnkar með vaxandi straumarmslengd, S, enda vex þá dýptarskynjunin.



MYND 3: Sýndarviðnám sem fall af straumarmslengd fyrir mismunandi  $P$  (Knútur Árnason 1984)



MYND 4: Sýndarviðnám sem fall af  $S$ ,  $P=25\text{ m}$ , en misþykkur lágvíðnámskassi í mælimiðju (Knútur Árnason 1984)

Samleitin spennustökk geta gefið upplýsingar um viðnámsskipan jarðlaga þar eð hliðrunin er mest þegar S-P er viðlíka stórt og dýpið niður á lagamót og hún vex eftir því sem viðnámsskilin eru skarpari (Knútur Árnason 1984). Til þess að leiðréttu fyrir þessari gerð ósamfella verður að nota sýndarviðnámsgildi fyrir styttri spennuarminn eins lengi og unnt er (helst þangað til hliðrunin er horfin) og síðan sýndarviðnámsgildi fyrir lengri spennuarminn.

Föst spennustökk í sýndarviðnámsferlum stafa af viðnámsóreglum í mælimiðju eða í grennd við spennuskaut. Slíkar óreglur í viðnámi valda aflögun straumlína og spennusviðs, og sýndarviðnám verður háð staðsetningu spennuskauta. Dæmi um þetta er sýnt á mynd 3 þar sem tvívíð "viðnámsóregla" með lágu viðnámi er í mælimiðju og sýndarviðnám sýnt sem fall af straumarmslengd fyrir mismunandi spennuarma. Þá sést að þegar spennuskaut eru nærrí mörkum viðnámsfráviks verður sýndarviðnám mjög háð P og stór spennustökk koma fram þegar P er breytt. Auk þess mælist sýndarviðnám fyrir stór S lægra en lægsta viðnámsgildi í líkaninu sem notað er við útreikningana. Þetta sést enn betur á mynd 4 þar sem teiknaðir eru nokkrir sýndarviðnámsferlar fyrir fast P en breytilega þykkt lágvíðnámskassa í mælimiðju. Ef þykktin er náll endar sýndarviðnámsferillinn í 10 Ωm, sem er raunverulegt eðlisviðnám neðsta lagsins, en eftir því sem þykktin eykst fæst lægra sýndarviðnám (Knútur Árnason 1984). Þetta fyrirbæri hefur verið nefnt grasbalaáhrif og vísar til þeirrar hneigðar mælimanna að velja mælingum fremur stað í grösugum (lágvíðnáms-) bala en á gróðursnauðu landi. Grasbalaáhrif koma fram á háhitavæðum ef mælimiðja er á eða við ummyndunarskelli.

Þegar leiðréttu þarf fyrir föstum spennustökkum er yfirleitt gert ráð fyrir því að sa hluti mæli-ferils sem mældur er með lengstum spennuarmi sé áreiðanlegastur og honum haldið óbreyttum. Þeim hluta sýndarviðnámsferils sem mældur er með stuttum spennuarmi er hliðrað að þeim hluta sem mældur er með lengsta spennuarminum. Einnig er hægt að losna við grasbalaáhrif að hluta til með tvívíðri túlkun mælinga þar sem tekið er tillit til viðnámsbreytinga í stefnu mælilínu.

### 2.3.3 Einvíð túlkun

Við einvíða túlkun viðnámsmælinga er gert ráð fyrir því að jörðin skiptist í lárétt lög með óendenanlega útbreiðslu. Sérhvert lag er einsleitt, stefnusnautt og með fasta þykkt og viðnám. Fram til ársins 1978 var túlkað einvít með samanburði við fræðilega reiknaða sýndarviðnámsferla (Orellana og Mooney 1966; Rijkswaterstaat Hollandi 1968).

Árið 1978 eignaðist Jarðhitadeild Orkustofnunar forritið CIRCLE2, sem túlkar viðnámsmælingar einvít (Johansen 1975; Johansen 1977; Ásmundur Jakobsson og Gylfi Páll Hersir 1978). Þar er gert ráð fyrir þeirri nálgun, að fjarlægð milli spennuskauta sé miklu minni en fjarlægð milli straumskauta (stigulsnálgun). CIRCLE2 er sjálfvirkt ítrekunarforrit þannig að tölvan er mótuð á mæligildum, áætluðum fjölda laga og ágiskuðum byrjunargildum fyrir viðnám og þykkt sérhvers lags. Síðan leitar tölvan uppi það jarðlagalíkan fyrir þennan lagafjölda, sem gefur útreiknaðan sýndarviðnámsferil, er fellur best að mældum sýndarviðnámsferli.

Árið 1984 skrifaði Ragnar Sigurðsson stærðfræðingur á jarðhitadeild Orkustofnunar einvíða túlkunarforritið ELLIPSE. Hugmyndir að gerð þess þróuðust, þegar unnið var við túlkun viðnámsmælinga frá háhitavæðum. Þar eru miklar viðnámsbreytingar milli láréttra jarðlaga nálaðgt yfirborði, sem valda hliðrun sýndarviðnámsferils, sem minnkar með vaxandi straumarmi (sjá nánar kafla 2.3.2). Þar sem ekki mælist sama sýndarviðnám á stuttum og löngum spennu-

armi við sama straumarm, þarf að leiðréttta sýndarviðnámsferlana áður en túlkun getur hafist með forritinu CIRCLE2 til að losna við ósamfellur. Í ELLIPSE er ekki gert ráð fyrir, að fjarlægð milli spennuskauta sé tiltölulega lítil miðað við fjarlægð milli straumskauta. Þess í stað reiknar forritið út sýndarviðnámið nákvæmlega og þar með fyrir mismunandi spennuarma, þótt straumarmur sé sá sami (sjá Rijo o.fl. 1977; Sigurð Th. Rögnvaldsson o.fl. 1987); m.ö.o. ELLIPSE notar spennumun milli spennuskauta, en CIRCLE2 rafsviðið (spennumunur deilt með fjarlægð milli skauta). ELLIPSE framkvæmir sjálfkrafa leiðréettingar fyrir föstum spennustökkum (sjá kafla 2.3.2). Í CIRCLE2 er einungis leyfilegt að hafa eitt sýndarviðnámsgildi fyrir sérhverja straumarmslengd þar sem sýndarviðnámsferillinn verður að vera samfellt fall af straumarmslengd.

Forritið ELLIPSE reiknar út svokallaða leiðréettingarstuðla, sem segja til um hversu mikið þurfi að margfalda þann hluta sýndarviðnámsferils sem er mældur við ákveðinn spennuarm til að hann falli sem best að þeim hluta ferilsins, sem mældur er með næsta spennuarmi fyrir ofan. Þannig er halddið áfram koll af kolli þar til allur sýndarviðnámsferillinn hefur verið leiðréttur að þeim hluta hans, sem mældur var með lengstum spennuarmi. Leiðréettingarstuðlarnir verða því einum færri en spennuarmarnir. Þessir stuðlar voru áður reiknaðir út í höndnum. ELLIPSE er sjálfvirkt á svipaðan hátt og CIRCLE2, en auk þess að mata tölvuna á mæligildum, fjölda laga og ágiskuðum byrjunargildum fyrir viðnám og þykkt sérhvers lags, þarf að gefa henni upp ágiskaða leiðréettingarstuðla. Síðan leitar tölvan uppi það jarðlagalíkan fyrir þennan lagafjölda, sem gefur útreiknaðan sýndarviðnámsferil, sem fellur best að mældum sýndarviðnámsferli. Í CIRCLE2 er það gert með því að breyta viðnámi og þykkt sérhvers lags, en í ELLIPSE er leiðréettingarstuðlum einnig breytt.

Ýmsir gallar eru á þessum túlkunaraðferðum. Þær leiða einungis af sér lausnir sem fela í sér fá viðnámslög. Og í raun má því segja að viðnámsgildi einstakra laga séu eins konar vegin meðalgildi viðnáms yfir ákveðin dýptarbil. Auk þess eru alltaf einhverjar viðnámsbreytingar í láréttu stefnu. Ef þær eru óverulegar á svæði sem nemur lengd straumarms (AB/2) umhverfis sitthvert straumskaut er einvíð túlkun talin góð og gild.

Unnið er að þróun forrita, sem túlka viðnámsmælingar einvítt, en jörðinni ekki skipt niður í ákveðin viðnámslög, heldur er viðnámi sem fall af dýpi leyft að breytast samfellt (Oldenburg 1978). Þessi þróun á allnokkuð í land áður en hún getur leyst fyrrnefnda aðferð af hólmi.

#### 2.3.4 Óvissur mæligilda og áhrif á túlkun mælinga

Sérhvert mælt sýndarviðnámsgildi hefur í sér fólgna nokkra óvissu. Hér á eftir verður gerð grein fyrir helstu skekkjuvöldum og þeim afleiðingum í túlkun niðurstaða, sem óvissan hefur í för með sér.

Nokkur óvissa er bæði í mælingu útsends straums og við aflestur spennunnar, sem straumurinn skapar. Þá er óvissa í ákvörðun á fjarlægð milli skauta. Ýmislegt getur skammhleypt útsendum straumi og valdið skekkju í mæligildum. Má þar nefna ýmis konar jarðagnir, jarðsímalínur og í minna mæli girðingar og ýmislegt járnadrasl. Þá getur sjór skammhleypt straumnum ef mælt er nærri sjó. Ef straumur skammhleypur, mælist lægri spenna en ella og þar af leiðandi lægri sýndarviðnámsgildi en ef straumur skammhleypur ekki. Ýmsir aðrir skekkjuvaldar eru fyrir hendi, t.d. vegna óreglulegs landslags (fjalla, dala), eiginþennu í jörðu o.s.frv. Á Jarðhitadeild Orkustofnunar hefur verið skrifað forrit er leiðréttir fyrir áhrifum sjávar (Gylfi Páll Hersir 1988).

Flestir þessara óvissu- eða skekkjuliða eru óháðir hver öðrum. Venja er að draga saman allar óvissur og meta heildaróvissuna sem 3,5% af mældu sýndarviðnámsgildi að viðbættu staðalfráviki reiknuðu útfrá staðalfráviki spennumælingar í sérhverjum mælipunkti. Oftast vex staðalfrávik mæligilda með vaxandi straumarmslengd og skiptir yfirleitt fyrst verulegu máli, þegar hálft fjarlægð milli straumskauta (AB/2) er orðin 1.000 m. Ástæður fyrir þessu eru einkum tvær. Annars vegar minnkar spennufall með vaxandi straumarmslengd og mælióvissan verður þar af leiðandi hlutfallslega stærri. Hins vegar valda segulsviðssveiflur í háloftum jarðstraumum, sem skapa spennumun sem ýmist leggst við eða dregst frá "réttum spennumun". Sum mæligildi verður því að mæla mörgum sinnum og taka síðan vegið meðaltal, þar sem staðalfrávik er haft til viðmiðunar.

Ef jörðin væri með einvíða viðnámsdreifingu og sérhvert sýndarviðnámsgildi væri án óvissu og skekkju væri eftirleikurinn auðveldur, því að þá svarar einn og aðeins einn sýndarviðnámsferill til gefinnar lagskiptingar. Áhrif óvissu sýndarviðnámsgilda á einvíða túlkun eru þau að þykktir og viðnám einstakra jarðlaga verða einungis ákveðin innan vissra óvissumarka. Oft koma fram svokölluð jafngildislög. Innan jafngildislags má breyta þykkt og viðnámi að ákveðnu marki sé þess gætt að annaðhvort margfeldi þykktar og viðnáms sé fasti (t-jafngildislag) eða hlutfall á milli þykktar og viðnáms (s-jafngildislag). Jafngildislag kemur fram þegar þykkt jarðlags er svipuð eða minni en dýpið niður á það og ef það er milli tveggja jarðlaga sem bæði hafa lægra viðnám (t-jafngildislag), eða ef það er milli tveggja jarðlaga sem bæði hafa hærra viðnám (s-jafngildislag). Ef jarðlagalíkan gerir ráð fyrir jafngildislagi og því er breytt í samræmi við það sem sagt var hér að framan má að vísu fá fram mismunandi sýndarviðnámsferla, en munurinn á þeim er það líttill, að þeir verða allir innan óvissumarka mælds sýndarviðnámsferils.

Ágæt dæmi um jafngildislög eru einmitt frá Hengilssvæði. Í mælingum HE-77, HE-82, HE-84, HE-85 og HE-88 eru jarðög með hátt viðnám ofan við lágvíðnámslag, en neðan við það er jarðlag með háu viðnámi (sjá kafla 4.1). Þetta lágvíðnámslag er dæmigert s-jafngildislag. Þar af leiðandi verður einungis hlutfall á milli þykktar og viðnáms lagsins í þessum mælingum vel ákvarðað, og aðeins hægt að setja ytri mörk fyrir þykkt þess og viðnám. Því er oft brugðið á það ráð að nýta upplýsingar frá niðurstöðum annarra rannsókna, t.d. borholumælinga, til að ákvarða viðnám og þar af leiðandi þykkt slíkra laga (sjá nánar kafla 4.4 í aðalskýrslu). Sem dæmi um t-jafngildislög má nefna þunna háviðnámslagið rétt við yfirborð í mælingum HE-78, HE-85 og HE-88. Nákvæm vitneskja um viðnám þessa lags og þykkt skiptir þó litlu máli fyrir þau tengsl sem leitað er að milli viðnáms og jarðhita.

Einn aðalkosturinn við forritin ELLIPSE og CIRCLE2 er óvissumat þeirra á þykkt og viðnámi einstakra jarðlaga. Eins gera forritin góða grein fyrir því hvernig þykkt og viðnám eru innbyrðis háð. Þá má sjá, hvað er vel ákvarðað og hvað ekki, og hver eru hæstu og lægstu möguleg gildi, sem þykkt og viðnám einstakra jarðlaga geta haft, miðað við mældan sýndarviðnámsferil og óvissumörk hans.

### 2.3.5 Tvívíð túlkun

Einvíð túlkun viðnámsmælinga er oftast látin duga á lághitasvæðum landsins og á sumum háhitasvæðum, t.d. á utanverðum Reykjanesskaga. Einvíð túlkun getur þó oft reynst villandi, ef viðnámsdreifing er raunverulega tvívíð eða jafnvel þrívíð þ.e.a.s. hún breytist ekki einungis með dýpi heldur líka eftir einni stefnu í láréttum fleti eða jafnvel báðum. Til dæmis er viðnám oft mismunandi sitt hvorum megin við misgengi; þar myndast viðnámsskil. Á háhitasvæðum

eru oft nær lóðrétt viðnámsskil við ytri mörk lágvíðnámssvæða. Sýndarviðnám getur mælst ýmist haerra eða lægra en raunverulegt viðnám, ef straumskaut ná út fyrir viðnámsskil. Algengt er að fram komi eins konar brot í sýndarviðnámsferlana, þegar straumskaut eru lögð yfir viðnámsskil (sjá t.d. sýndarviðnámsferil mælingar HE-75 við straumarminn AB/2 = 1.200 m í kafla 4.1 bls. 48).

Árið 1981 eignaðist Orkustofnun forritið DIM2, sem túlkari viðnámsmælingar tvívíttr þ.e.a.s. upplýsingar fást bæði um láréttu lagskiptingu viðnáms (einvíð túlkun) og viðnámsbreytingar í eina stefnu í láréttum fleti (Dey 1976; Dey og Morrison 1976; Halldór Halldórsson 1982). Til þess að fá nægileg gögn verður að mæla nokkrar viðnámsmælingar hverja í framhaldi af annarri, þannig að skaut allra mælinga séu á sem næst beinni línu. Reynt er að mæla þvert á þau viðnámsskil eða skrokka sem verið er að kanna og fást þá upplýsingar um viðnám bæði lóðrétt og lárétt í stefnu mælilínu en ekki hornrétt á hana. Mælingar verða að ná vel út fyrir áhrifasvæði þeirra viðnámsskila, sem ætlunin er að skoða.

Tvívíð túlkun fer þannig fram, að búið er til viðnámssnið úr rétthyrndum blokkum sem hafa óendanlega útbreiðslu í stefnur þvert á sniðið (mælilínuna). Dæmi um slík viðnámssnið er á myndum 4.7 og 4.8 í aðalskýrslu. Niðurstöður einvíðrar túlkunar eru gjarnan notaðar sem upphafslíkan í tvívíðri túlkun. Síðan eru reiknaðir í tölvu þeir sýndarviðnámsferlar, sem fengjust ef mældar væru Schlumbergermælingar eftir sniðinu. Útreiknaðir sýndarviðnámsferlar eru þá bornir saman við mælda sýndarviðnámsferla. Á viðnámssniðinu á mynd 4.7 eru það mælingar HE-76, HE-75 og HE-74. Ef samræmi er ekki nægilega gott er viðnámssniðinu breytt og nýir sýndarviðnámsferlar reiknaðir uns viðunandi samræmi næst milli mældra ferla og reiknaðra. Í kafla 4.2 sést hvert samræmið er hvað varðar mælingar HE-76, HE-75 og HE-74. Þá er stundum boríð beint saman mælt sýndarviðnámssnið annars vegar og reiknað sýndarviðnámssnið hins vegar. Með því móti fæst hentugt mat á því hvort túlkunin er nægilega góð fyrir sniðið í heild. Mæld og reiknuð sýndarviðnámssnið fyrir viðnámssniðin á myndum 4.7 og 4.8 í aðalskýrslu eru birt í skýrslu um Vestur-Hengillssvæði (Helgi Torfason o.fl. 1983).

Athyglisvert er að bera saman mældan og reiknaðan sýndarviðnámsferil í mælingu HE-75, annars vegar samkvæmt einvíðri túlkun (bls. 48) og hins vegar samkvæmt tvívíðri túlkun (bls. 59). Brotið, sem kemur fram í mælda ferlinum við straumarminn AB/2 = 1.200 m verður engan veginn skýrt með einvíðri túlkun, eins og getið var um hér að framan. Hins vegar skýrir tvívíð túlkun þetta ágætlega.

Sú lausn sem fæst með tvívíðri túlkun Schlumbergermælinga er ekki einkvæm, þ.e.a.s. fleira en eitt viðnámssnið geta skýrt sama sýndarviðnámsferil. Forritið ræður illa við samliggjandi viðnámsblokkir þar sem viðnámshlutföll milli blokka eru mjög há. Túlkunaraðferð þessi er hentug til að finna lóðrétt viðnámsskil og gefur allgóða mynd af viðnámi undir mælimiðju. Hún veitir hins vegar ekki áreiðanlegar upplýsingar um viðnám og þykktir á lögum handan lóðréttura skila. Með mörgum mælingum á beinni línu má vinna gegn þessum veikleika. Þá er einnig sá galli á forritinu, að ekki er tekið tillit til landslagsáhrifa við túlkun. Þetta er bagalegt þar sem brattar brekkur eru.

Sumarið 1985 voru gerðar ítarlegar viðnámsmælingar á Nesjavöllum, en þar er mikil fjalllendi. Í tengslum við þá vinnu skrifandi Ragnar Sigurðsson stærðfræðingur á Orkustofnun tvívíttr túlkunarforrit (FELIX), sem tekur mishæðött landslag með í útreikningana í stað þess að gera ráð fyrir að yfirborðið sé láréttur flötur. Viðnámssniðið sem er búið til fyrir FELIX er gert úr marghyrndum blokkum. Tvívíð túlkun viðnámssniða á myndum 4.3 og 4.6 í aðalskýrslu var gerð með FELIX.

## 2.4 Heimildir

- Axel Björnsson, 1980: *Jarðhitaleit og rannsókn jarðhitasvæða með jarðeðlisfræðilegri könnun.* Náttúrufræðingurinn, 50: 227-250.
- Ásmundur Jakobsson og Gylfi Páll Hersir, 1978: *Forritið CIRCLE2 til túlkunar viðnámsmælinga.* Orkustofnun, OS JHD 7844, 32 s.
- Castellan, G.W., 1964: *Physical Chemistry.* Addison-Westley Publishing Company, 717 s.
- Dakhnov, V.N., 1962: *Geophysical Well Logging.* Q. Colo. Sch. Mines. 57 (2), 445 s.
- Dey, A., 1976: *Resistivity modeling for arbitrary shaped two-dimensional structures, Part 2: users guide to the FORTRAN algorithm RESIS2D.* Berkeley, Lawrence Berkeley Laboratory, LBL-5283.
- Dey, A. og H. F. Morrison, 1976: *Resistivity modeling for arbitrary two-dimensional structures, Part 1: theoretical formulation.* Berkeley, Lawrence Berkeley Laboratory, LBL-5233.
- Gylfi Páll Hersir, 1988: *Correcting for the coastal effect on the apparent resistivity of Schlumberger soundings.* Orkustofnun, OS-88019/JHD-10 B, 13 s.
- Gylfi Páll Hersir, Grímur Björnsson og Axel Björnsson, 1990: *Eldstöðvar og jarðhiti á Hengils-svæði. Jarðeðlisfræðileg könnun.* Orkustofnun, OS-90031/JHD-06.
- Halldór Halldórsson, 1982: *Lýsing á tvívíðu viðnámsforriti DIM2.* Orkustofnun.
- Helgi Torfason, Gylfi Páll Hersir, Kristján Sæmundsson, Gunnar V. Johnsen og Einar Gunnlaugsson, 1983: *Vestur-Hengill. Yfirborðsrannsókn jarðhitasvæðisins.* Orkustofnun, OS-83119/JHD-22, 113 s.
- Hjalti Franzson, 1988: *NESJAVELLIR. Borholujarðfræði. Vatnsgengd í jarðhitageymi.* Orkustofnun, OS-88046/JHD-09, 58 s.
- Hjálmar Eysteinsson og Gylfi Páll Hersir, 1987: *MT-mælingar. Hvað er nú það?* Úr: Eðlisfræði á Íslandi III. Erindi af ráðstefnu Eðlisfræðifélags Íslands. Ritstjórar: Jón Pétursson og Þór Jakobsson: 79-99.
- Hrefna Kristmannsdóttir, 1979: *Alteration of Basaltic Rocks by Hydrothermal Activity at 100-300 °C.* International Clay Conference 1978. Ritstjórar: M.M. Mortland og V.C. Farmer. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.
- Johansen, H.K., 1975: *An interactive computer/graphic-display-terminal system for interpretation of resistivity soundings.* Geophys. Pros., 23: 271-277.
- Johansen, H.K., 1977: *A man/computer interpretation system for resistivity soundings over a horizontally stratified earth.* Geophys. Pros., 25: 667-691.
- Knútur Árnason, 1984: *The effect of finite potential electrode separation on Schlumberger soundings.* I: Abstracts from the 54th annual international SEG meeting: 129-132.
- Meidav, Tsui, 1980: *Direct current methods in geothermal exploration.* Geothermal Resources Council, Technical Training Course, No. 2.

- Ólafur G. Flóvenz, Lúðvík S. Georgsson og Knútur Árnason, 1985: *Resistivity structure of the upper crust in Iceland*. J. Geophys. Res., 90: 10.136-10.150.
- Oldenburg, D.W., 1978: *The interpretation of direct current resistivity measurements*. Geophysics 43: 610-625.
- Orellana, E. and H.M. Mooney, 1966: *Master tables and curves for vertical electrical sounding over layered structures*. Interscienia, Madrid, 193 s.
- Quist, A.S. og W.L. Marshall, 1968: *Electrical conductances of aqueous sodium chloride solutions from 0 to 800 °C and at pressures to 4000 bars*. J. Phys. Chem., 72: 684-703.
- Rijkswaterstaat, Hollandi, 1968: *Standard graphs for resistivity prospecting*.
- Rijo, L., W.H. Pelton, E.C. Feitosa og S.H. Ward, 1977: *Interpretation of apparent resistivity data from Apodi Valley, Rio Grande Do Norte, Brazil*. Geophysics, 42: 811-822.
- Sigurður Th. Rögnvaldsson, Gylfi Páll Hersir og Knútur Árnason, 1987: *VIÐNÁMSMÆL-INGAR. Fræðileg úttekt, mæling og túlkun á línu VIII á Nesjavöllum*. Orkustofnun, OS-87024/JHD-15 B, 70 s.

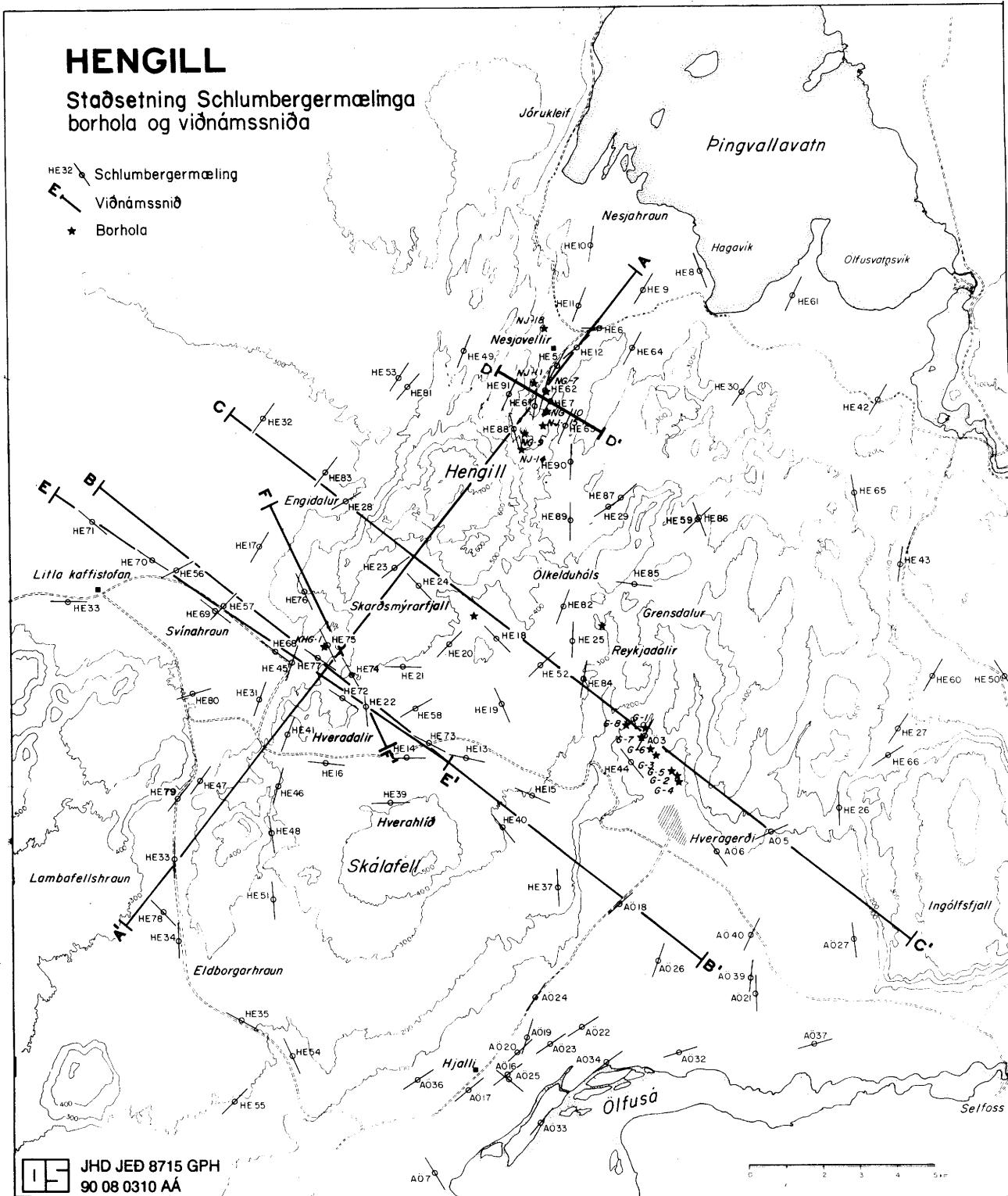


### **3. STAÐSETNING VIÐNÁMSMÆLINGA**

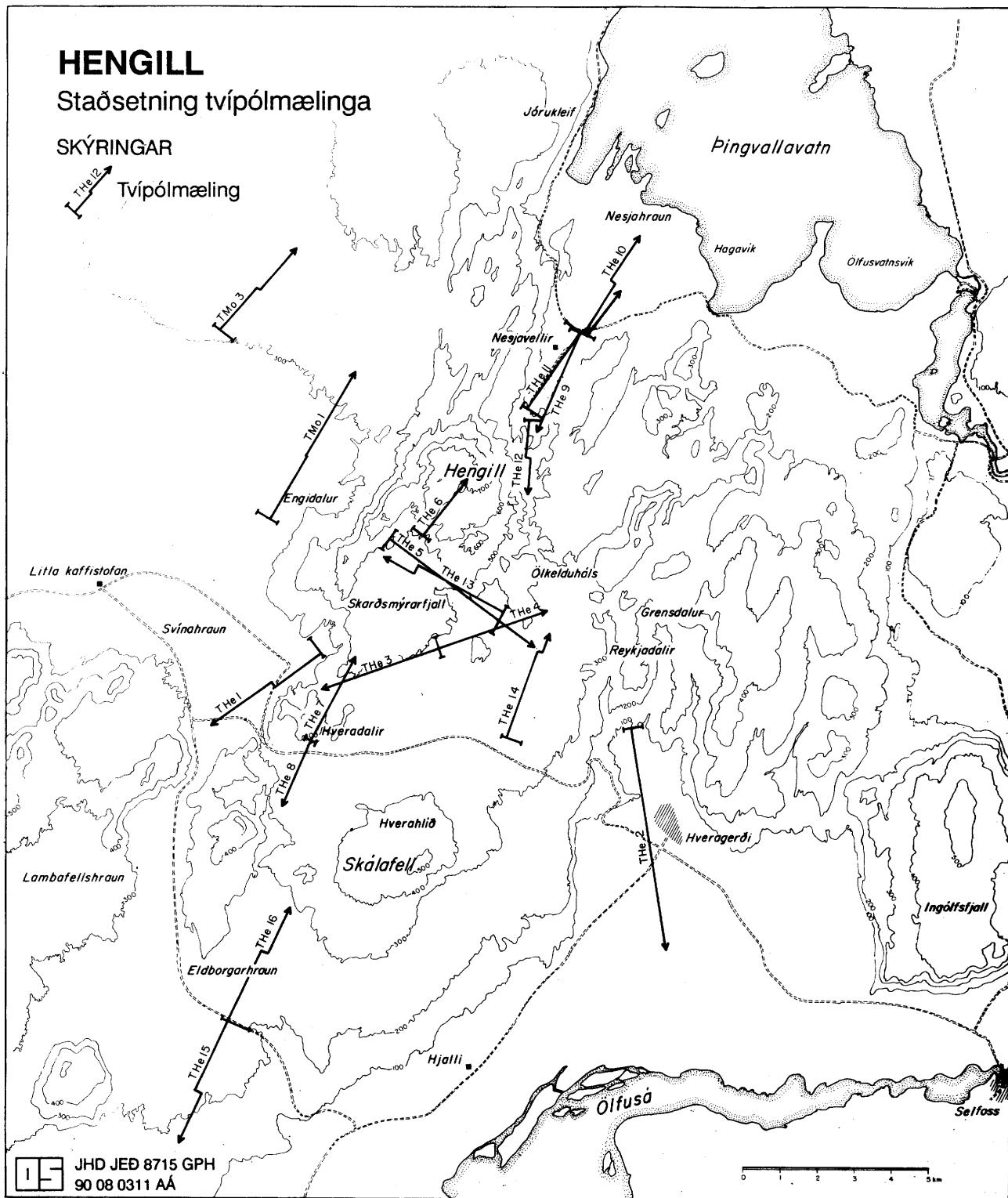
Staðsetning Schlumbergermælinga er sýnd á mynd 5, staðsetning tvípólmælinga á mynd 6 og staðsetning MT-mælinga á mynd 7. Í töflu 2 eru gefin upp staðsetningarhnit allra viðnámsmælinga auk ýmissa annara upplýsinga um þær.

HENGILL

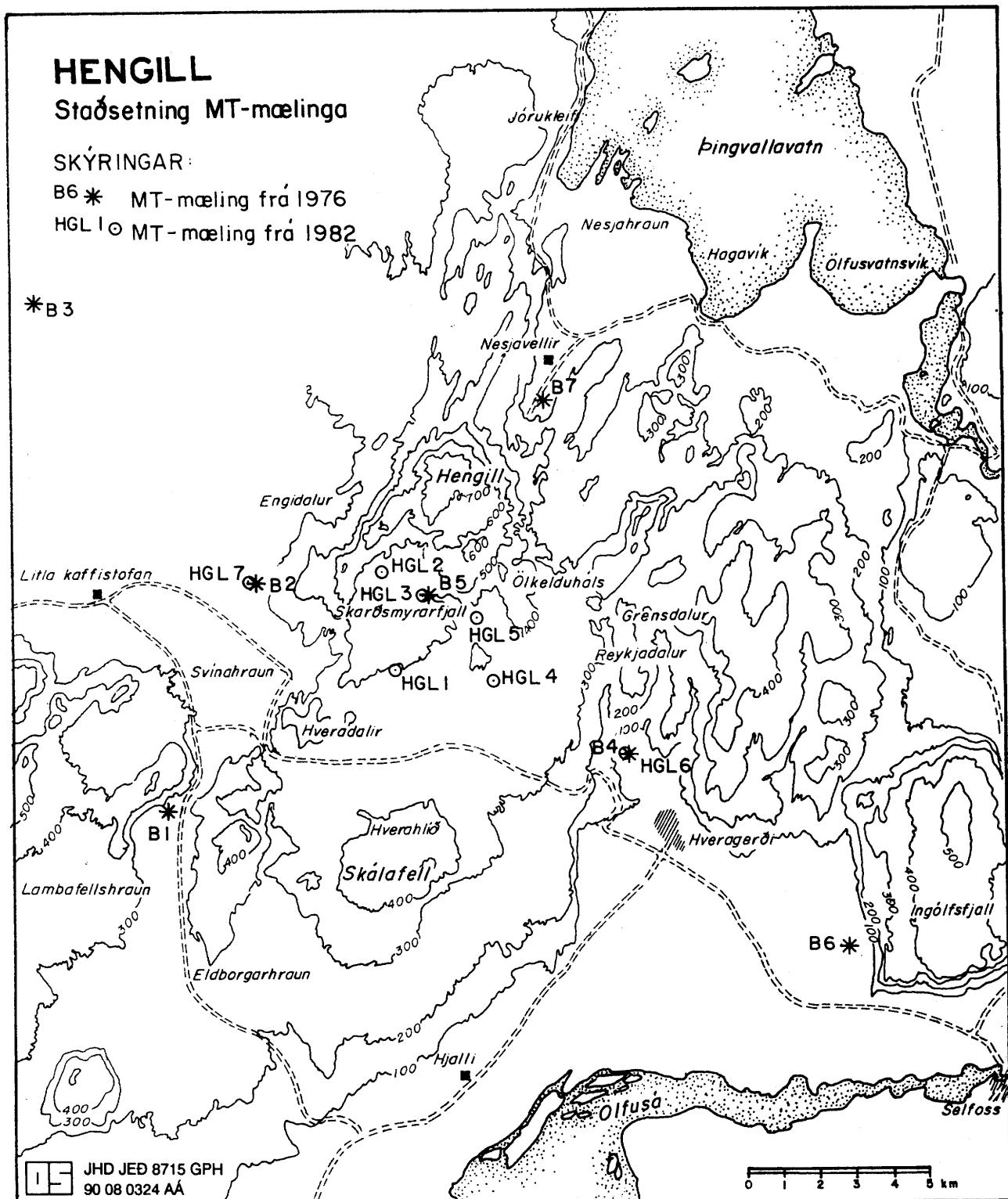
## Staðsetning Schlumbergermælinga borhola og viðnámssniða



## *MYND 5: Staðsetning Schlumbergermælinga*



MYND 6: Staðsetning tvípólmælinga



MYND 7: Staðsetning MT-mælinga

Staðsetning viðnámsmælinga á Hengilssvæðinu  
sumrin 1970 - 1984

SCHLUMBERGERMÆLINGAR

Notuð eru Mercator-hnitin á bandarísku AMS-kortunum í mælikvarða 1:50.000

Heiti mælingar	Ár	Breidd	Lengd	Stefna straumarma	Hæð yfir sjávarmáli	Staðarlýsing
HE-5	70	71°09.75	4°87.85	N95°A	165	Nesjavellir
HE-6	70	10.75	88.45	N140°A	155	Nesjahraun
HE-7	70	08.80	87.65	N90°A	185	Hraunprýði
HE-8	70	12.20	91.70	N45°A	110	Hagavík
HE-9	70	11.70	90.20	N85°A	130	Hagavíkurhraun
HE-10	70	12.90	88.80	N70°A	125	Nesjahraun
HE-11	70	11.30	88.45	N95°A	145	Selklettar
HE-12	70	10.20	88.35	N110°A	155	Nesjavellir
HE-13	72	70°99.15	4°85.20	N103°A	330	Hellisheiði
HE-14	72	99.20	83.60	N88°A	350	Hellisheiði
HE-15	72	98.25	86.95	N112°A	300	Urðarás
HE-16	72	71°99.15	81.40	N97°A	350	Smiðjulaut
HE-17	72	71°04.95	79.70	N27°A	250	Bolavellir
HE-18	72	02.35	86.15	N138°A	350	Fremstidalur
HE-19	72	00.65	86.25	N160°A	340	Orustuhóll
HE-20	72	02.25	84.90	N49°A	370	Skarðsmýri
HE-21	72	01.65	83.65	N21°A	390	Skarðsmýrarfjall
HE-22	72	00.65	82.50	N175°A	380	Orustuhólshraun
HE-23	72	04.30	83.50	N54°A	470	Innstidalur
HE-24	72	03.80	84.15	N138°A	440	Innstidalur
HE-25	72	70°02.30	88.20	N2°A	380	Bitra
HE-26	72	70°97.75	95.35	N0°A	140	Æðagil
HE-27	72	71°99.90	96.95	N35°A	130	Svartagil
HE-28	72	71°06.10	82.25	N63°A	290	Engidalur
HE-29	72	05.90	89.10	N55°A	235	Þverárdalur
HE-30	72	08.95	92.90	N35°A	130	Selhóll
HE-31	72	00.80	79.70	N22°A	270	Litla-Reykjafell
HE-32	72	08.35	79.90	N39°A	280	Mosfellsheiði
HE-33	73	70°96.60	4°77.40	N0°A	270	Lambafellshraun

HE-34	73	<sup>70</sup> 94.35	<sup>4</sup> 77.45	N178°A	230	Hrafnaklettar
HE-35	73	92.30	78.85	N120°A	210	Eldborgarhraun
HE-37	73	95.75	87.65	N179°A	230	Núpafjall
HE-39	74	<sup>70</sup> 98.10	<sup>4</sup> 83.15	N86°A	360	Hverahlíð
HE-40	74	97.40	86.15	N145°A	300	Urðarás
HE-41	74	<sup>71</sup> 99.95	80.35	N23°A	320	Hveradalir
HE-42	74	<sup>71</sup> 08.70	96.45	N31°A	130	Borgarvík
HE-43	74	04.30	97.05	N4°A	70	Hlíð
HE-44	74	<sup>70</sup> 99.05	89.65	N146°A	80	Hofmannaflöt
HE-45	74	<sup>71</sup> 01.80	80.70	N25°A	260	Kolviðarhóll
HE-46	74	<sup>70</sup> 98.60	80.20	N18°A	300	Hveradalir
HE-47	74	98.60	77.95	N38°A	270	Lambafell
HE-48	74	<sup>71</sup> 97.30	80.00	N170°A	300	Lágaskarð
HE-49	74	<sup>71</sup> 10.15	85.30	N25°A	335	Dyradalur
HE-50	74	01.65	99.55	N145°A	20	Torfastaðir
HE-51	74	<sup>70</sup> 95.50	80.05	N178°A	230	Eldborg
HE-52	74	<sup>71</sup> 01.65	87.35	N48°A	370	Bitra
HE-53	74	09.40	83.60	N38°A	330	Mosfellsheiði
HE-54	75	<sup>70</sup> 91.65	<sup>4</sup> 80.30	N157°A	190	Raufarhólshellir
HE-55	75	<sup>71</sup> 90.20	78.70	N42°A	225	Kaplabrekkur
HE-56	75	04.35	77.40	N64°A	250	Svínahraun
HE-57	75	03.40	78.60	N42°A	260	Svínahraun
HE-58	75	00.50	83.95	N63°A	370	Orustuhólshraun
HE-59	75	05.50	91.50	N47°A	340	Katlatjarnir
HE-60	77	<sup>71</sup> 01.30	<sup>4</sup> 97.85	N30°A	70	Stóriháls
HE-61	77	11.50	94.20	N35°A	120	Ölfusvatnsfjöll
HE-62	77	09.05	87.50	N8°A	180	Nesjavellir
HE-63	77	08.10	88.05	N14°A	240	Hvanngil
HE-64	77	10.15	89.85	N26°A	150	Hagavíkurvellir
HE-65	77	06.20	95.80	N165°A	180	Grafningsrétt
HE-66	77	<sup>70</sup> 99.20	96.60	N46°A	150	Grafningsháls
HE-67	77	<sup>71</sup> 08.65	87.20	N8°A	190	Hraunprýði
HE-68	82	<sup>71</sup> 02.10	<sup>4</sup> 80.10	N123°A	260	Mógil
HE-69	82	03.25	78.50	N134°A	260	Svínahraun
HE-70	82	04.60	76.80	N126°A	250	Svínahraun
HE-71	82	05.65	75.10	N126°A	220	Svínahraun
HE-72	82	00.85	81.90	N123°A	400	Hellisskarð
HE-73	82	<sup>70</sup> 99.60	84.15	N124°A	350	Hellisheiði
HE-74	82	<sup>71</sup> 01.50	82.15	N153°A	400	Orustuhólshraun
HE-75	82	02.35	81.50	N153°A	290	Sleggjubeinsdalur
HE-76	82	03.75	80.80	N153°A	400	Húsmúli
HE-77	82	02.00	81.25	N132°A	275	Sleggjubeinsdalur

HE-78	83	<sup>70</sup> 95.05	<sup>4</sup> 77.05	N138°A	255	Lambafellshraun
HE-79	83	<sup>71</sup> 98.20	77.40	N37°A	260	þrengsli
HE-80	83	<sup>71</sup> 01.00	77.85	N72°A	290	Bruni
HE-81	83	09.20	83.75	N41°A	325	þjófahlaup
HE-82	83	03.35	87.95	N19°A	375	Ölkelduháls
HE-83	83	06.95	81.55	N36°A	275	Engidalur
HE-84	83	01.30	88.40	N13°A	300	Hverakjálki
HE-85	83	03.85	89.85	N100°A	375	Alftatjörn
HE-86	83	05.50	91.50	N160°A	340	Katlatjarnir
HE-87	83	06.20	89.45	N48°A	240	þverárdalur
HE-88	83	08.00	86.65	N165°A	295	Við holu NG-6
HE-89	84	<sup>71</sup> 05.50	<sup>4</sup> 88.10	N2°A	240	þverárdalur
HE-90	84	07.10	88.15	N2°A	230	Hvanngil
HE-91	84	08.95	86.50	N25°A	335	Kýrdalur
AÖ-3	71	<sup>70</sup> 99.80	<sup>4</sup> 90.10	N28°A	60	Mynni Grensdals
AÖ-5	71	96.95	93.50	N67°A	60	Sogn
AÖ-6	71	96.70	91.95	N142°A	40	Ölfusborgir
AÖ-7	72	<sup>70</sup> 87.95	<sup>4</sup> 84.20	N118°A	10	Hraun í Ölfusi
AÖ-16	76	<sup>70</sup> 90.60	<sup>4</sup> 86.20	N52°A	5	Hjallalaugar
AÖ-17	76	90.20	85.20	N54°A	5	Gerðakot
AÖ-18	76	95.15	89.30	N46°A	5	Núpar
AÖ-19	76	91.60	86.70	N18°A	5	Bakki
AÖ-20	76	91.20	86.45	N50°A	5	Bakki
AÖ-21	76	92.75	92.95	N4°A	10	Grænhóll
AÖ-22	76	90.85	88.25	N59°A	5	Þurárhraun
AÖ-23	76	91.45	87.35	N58°A	5	Þóroddst. laugar
AÖ-24	76	92.70	86.95	N38°A	5	Þóroddstaðir
AÖ-25	76	90.50	86.20	N46°A	5	Hjallalaugar
AÖ-26	76	93.40	90.35	N28°A	5	Forir í Ölfusi
AÖ-27	77	<sup>70</sup> 93.50	<sup>4</sup> 95.70	N184°A	40	Ingólfssfjall
AÖ-32	77	91.20	90.90	N62°A	5	Egilsstaðir
AÖ-33	77	89.30	87.10	N40°A	5	Nauteyrar
AÖ-34	77	90.95	88.90	N56°A	5	Arnarbælisflóð
AÖ-36	77	90.55	83.80	N68°A	80	Hjallafjall
AÖ-37	78	<sup>70</sup> 91.40	<sup>4</sup> 94.55	N69°A	20	Kirkjuf. hjáleiga
AÖ-39	84	<sup>70</sup> 93.20	92.80	<sup>4</sup> N5°A	5	Bakkárholt
AÖ-40	84	94.40	92.80	N25°A	5	Gljúfurárholt

TVÍPÓLMÆLINGAR

Notuð eru Mercator-hnitin á bandarísku AMS-kortunum í mælikvarða 1:50.000

Heiti mælingar	Ár	Breidd	Lengd	Stefna straumarma	Staðarlýsing
TMo-1	74	71°05.70	4°80.10	N30°A	Mosfellsheiði
TMo-3	74	10.70	78.70	N40°A	Mosfellsheiði
THe-1	75	71°02.10	4°81.45	N55°A	Kolviðarhóll
THe-2	74	70°99.95	4°89.80	N170°A	Hveragerði
THe-3	74	71°02.15	84.70	N70°A	Orustuhólshraun
THe-4	74	02.15	84.70	N70°A	Fremstidalur
THe-5	74	05.10	83.30	N125°A	Innstitialur
THe-6	74	05.15	84.25	N40°A	Hengill
THe-7	75	70°99.70	4°81.15	N30°A	Stóra-Reykjafell
THe-8	75	71°99.70	81.15	N25°A	Hellisheiði
THe-9	75	10.50	88.70	N20°A	Nesjavellir
THe-10	75	10.55	88.55	N25°A	Nesjavellir
THe-11	75	08.55	87.05	N30°A	Hraunprýði
THe-12	75	08.20	87.05	N5°A	Hraunprýði
THe-13	75	70°03.10	86.35	N120°A	Fremstidalur
THe-14	75	70°99.75	86.45	N20°A	Bitra
THe-15	75	92.20	78.65	N25°A	Krossfjöll
THe-16	75	92.20	78.65	N25°A	Eldborgarhraun

### MT-MÆLINGAR

Við staðsetningu B-mælinga eru notuð Mercator-hnitin á bandarísku  
AMS-kortunum í mælikvarða 1:50.000. Breidd og lengd HGL-mælinga er gefin upp í gráðum.

Heiti mælingar	Ár	Breidd	Lengd	Staðarlýsing
B-1	1976	<sup>70</sup> 98.00	<sup>4</sup> 77.00	Lambafell
B-2	1976	<sup>71</sup> 04.00	79.50	Húsmúli
B-3	1976	<sup>71</sup> 11.50	74.00	Grímmannsfell
B-4	1976	<sup>70</sup> 99.50	89.50	Hofmannaflöt
B-5	1976	<sup>71</sup> 03.80	84.10	Innstdalur
B-6	1976	<sup>70</sup> 94.20	95.50	Ingólfssjall
B-7	1976	<sup>71</sup> 08.95	87.55	Hraunprýði
HGL-1	1982	64,04077	-21,3382	Stóra Skarðsmýrarfjall
HGL-2	1982	64,06441	-21,3453	Innst í Innstadal
HGL-3	1982	64,05856	-21,3239	Yst í Innstadal
HGL-4	1982	64,03784	-21,2852	Litla Skarðsmýrarfjall
HGL-5	1982	64,05270	-21,2929	Fremstidalur
HGL-6	1982	64,02005	-21,2125	Hofmannaflöt
HGL-7	1982	64,06261	-21,4191	Húsmúli



## 4. VIÐNÁMSMÆLIFERLAR OG TÚLKUN PEIRRA

Hér eru birtir mæliferlar allra viðnámsmælinga. Í fyrsta lagi er um að ræða Schlumbergermælingar ásamt ein- og tvívíðri túlkun. Hringir tákna mældan feril. Í einvíðu túlkuninni (kafli 4.1) tákna óbrotin lína þann sýndarviðnámsferil sem fæst, ef jörðin er lárétt lagskipt (einvíð) og lagskiptingin er eins og túlkunin, sem er neðst á hverri mynd. Við sumar mælingar (elstu mælingarnar) eru sýndar tvær túlkanir. Sú neðri er gömul handtúlkun en sú efri er tölvutúlkun sömu gagna, og við hana er stuðst. Í tvívíðu túlkuninni (kafli 4.2) tákna óbrotin lína þann sýndarviðnámsferil, sem myndi mælast ef viðnámsdreifingin í jörðinni samsvarar líkönum þeim sem sýnd eru á myndum 4.7 og 4.8 í aðalskýrslu.

Í öðru lagi er um að ræða tvíþólmælingar (kafli 4.3). Hringir tákna mældan feril og er hann sýndur sem framhald þeirra Schlumbergermælinga sem næstar eru. Efst til vinstri á myndnum eru tölur sem tákna þá skiptingu á mælingum í hópa sem rætt er um í aðalskýrslu.

Í þriðja lagi er um að ræða MT-mælingar (kafli 4.4). Þar eru annars vegar mælingar frá 1976 (B-mælingar á mynd 7), mældar með tækjum fra Árósum í Danmörku og hins vegar mælingar frá 1982 (HGL-mælingar á mynd 7), mældar með tækjum frá Bandaríkjunum. Fyrst eru sýndir mæliferlar B-mælinga ásamt einvíðri túlkun. Tvenns konar viðnám eru reiknuð út, E-pólun (RHOXY) og H-pólun (RHOYX). Óbrotna línan tákna þann sýndarviðnámsferil sem fæst, ef jörðin er lárétt lagskipt (einvíð) og lagskiptingin er eins og túlkunin, sem er neðan við mæliferlana. Yfirlieft er notast við E-pólun í einvíðri túlkun. Ef ferlarnir eru eins er viðnámsdreifingin einvíð. Ef viðnámsdreifingin er tvívíð er hægt að umreikna upphaflega ásastefnu mælinga yfir í nýtt hnitakerfi þar sem annar ásinn er nær því að vera samsíða ríkjandi viðnámskilum og hinn hornréttur á hana. Ríkjandi viðnámskil falla oft saman við ríkjandi "jarðfræðistefnu" (gosbelti, sprungustykki, o.s.frv.) Allar B-mælingar á Hengilssvæði eru tvívíðar, nema mæling B-6 við Ingólfssfjall. Snúningsstefnan miðað við segulnorður er skráð ofan við mæliferlana. Snúningshorn þessara 5 B-mælinga er um 50° austan við segulnorður, ef undan er skilin mæling B-1 við Lambafell. Þessi snúningsstefna kemur vel heim og saman við stefnu gosbeltisins. Eðlilegt er að álykta sem svo að MT-mælingar sýni að ríkjandi viðnámskil séu samsíða gosbeltinu, frekar en hornrétt á það. Dýptarskynjun MT-mælinga er háð sveiflutíma þeirra rafsegulbylgna sem mældar eru. Eftir því sem sveiflutíminn er lengri, þeim mun dýpra komast bylgjurnar ofan í jörðina og veita þar með upplýsingar um viðnám á meira dýpi. Í Árósatækjunum eru tveir gluggar, annar 2-500 sek og hin 40-3.600 sek. Eins og fram kemur á ferlunum eru gögn frá síðarnefnda glugganum í öllum mælingum, en frá þeim fyrrnefnda í aðeins tveimur mælingum, B-3 við Grímannsfell og B-7 við Nesjavelli. Því vantar upplýsingar á sviðinu 2-40 sek í hinar 5 mælingarnar sem svarar til upplýsinga um viðnám í efstu 20 km jarðar.

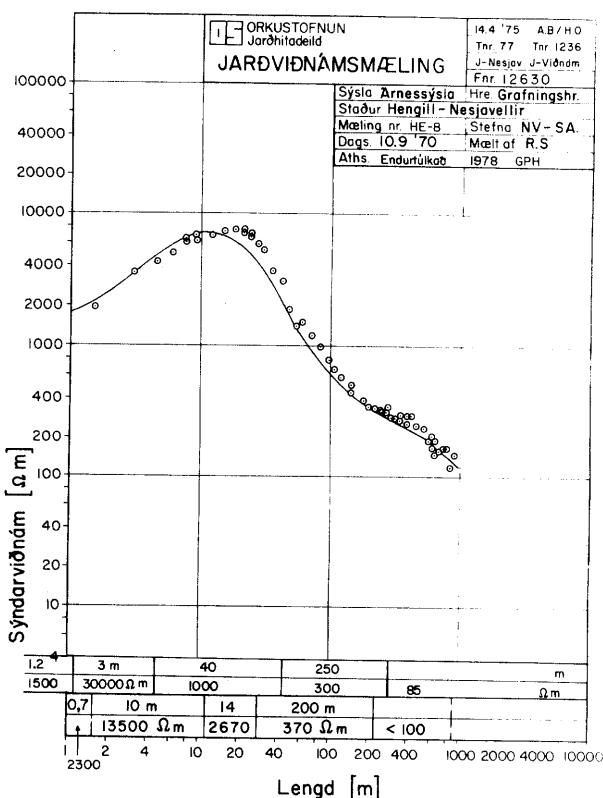
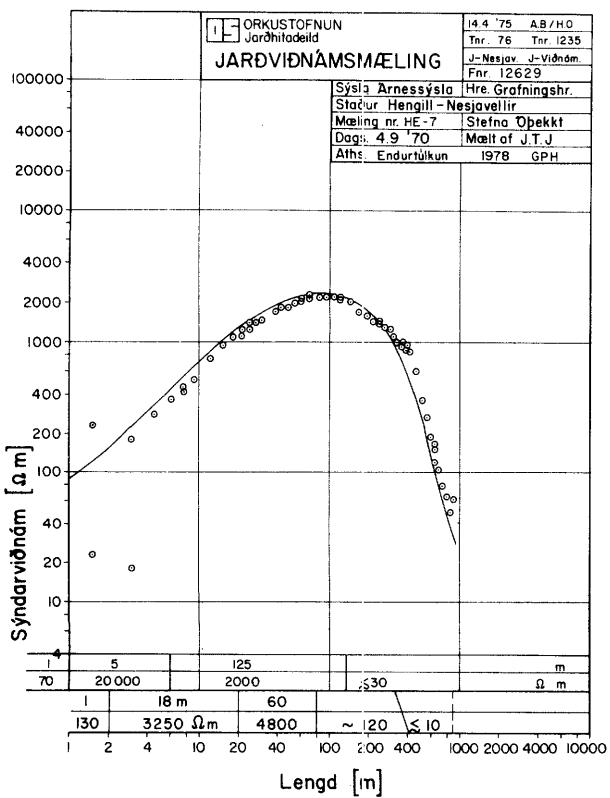
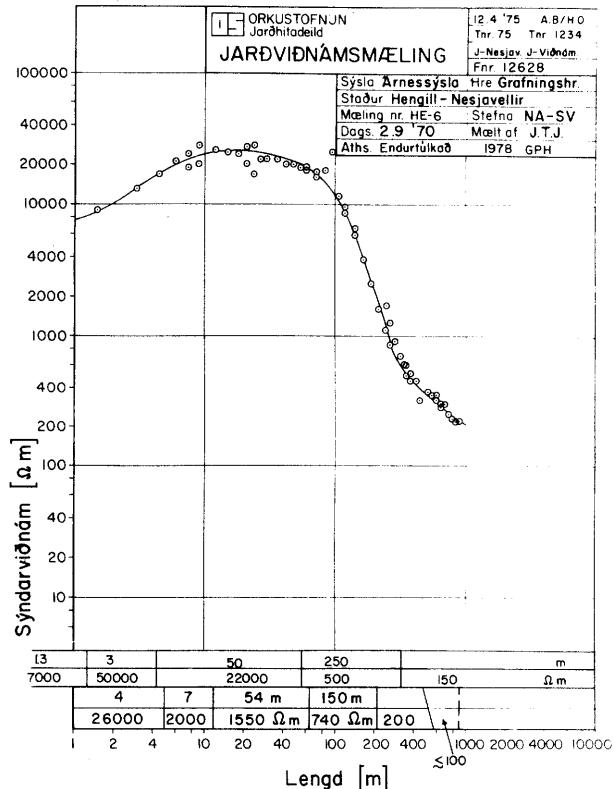
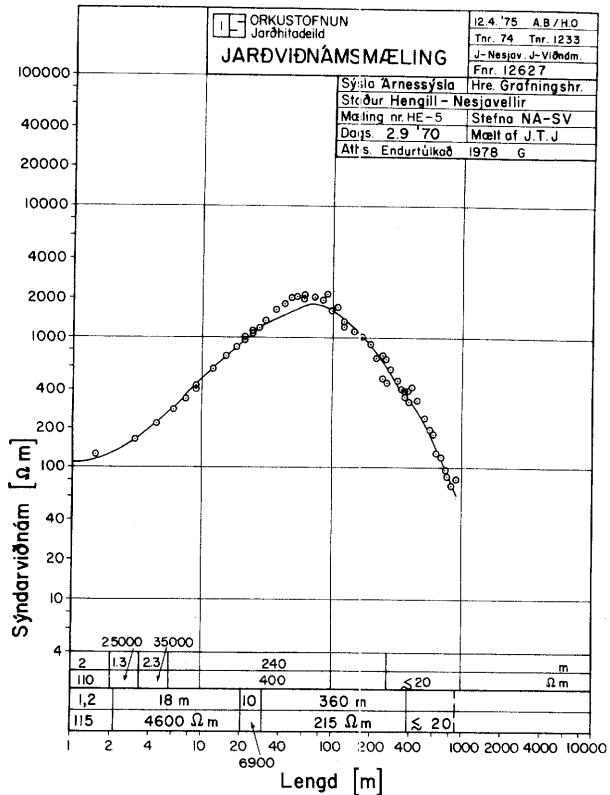
Aftan við niðurstöður mælinga frá 1976 (B-mælingar) koma niðurstöður MT-mælinga frá 1982 (HGL-mælingar, bls. 69). Birtir eru sýndarviðnámsferlar ( $\rho_{xy}$  og  $\rho_{yx}$ ) og sýndarfasaferlar ( $\theta_{xy}$  og  $\theta_{yx}$ ) fyrir bæði E-pólun (xy) og H-pólun (yx), gæðastuðlar mælinga (Pred Ex og Pred Ey), misvægi (skew) og snúningshorn (rotation). Gæðastuðlar mælinga mega ekki fara undir 0,8 og ættu helst að vera yfir 0,9, gjarnan 0,95. Þessi mæligögn eru því þokkaleg. Misvægi gefur vísbendingu um hversu þrívíð viðnámsdreifingin er. Því lagra sem það er þeim mun minni ástæða er til að ætla að viðnámsdreifingin sé þrívíð. Ef misvægið er hærra en u.p.b. 0,5 má búast við að verulegra þrívídaráhrifa gæti í mælingunni. Misvægi er þó ekki einhlítur mælikvarði á þrívíðanleika. Misvægi mælinganna 7 bendir til þess að þrívíð áhrif séu til-

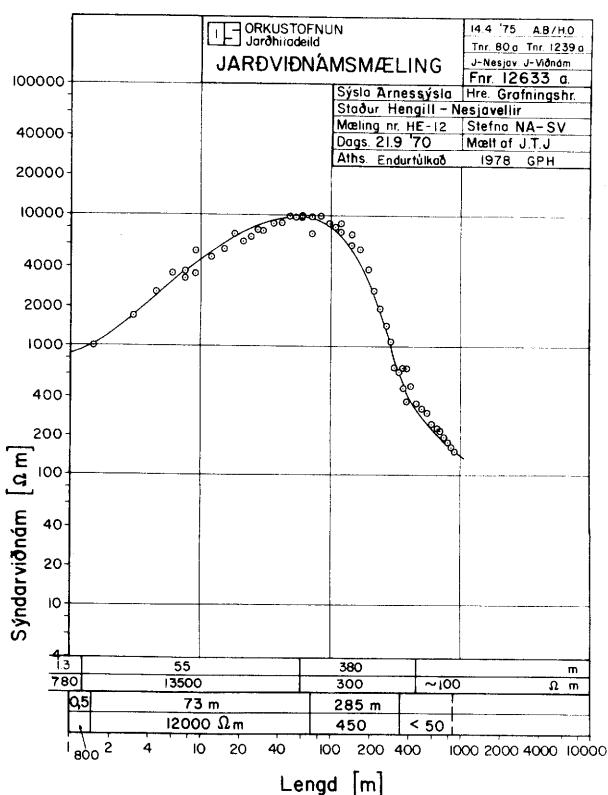
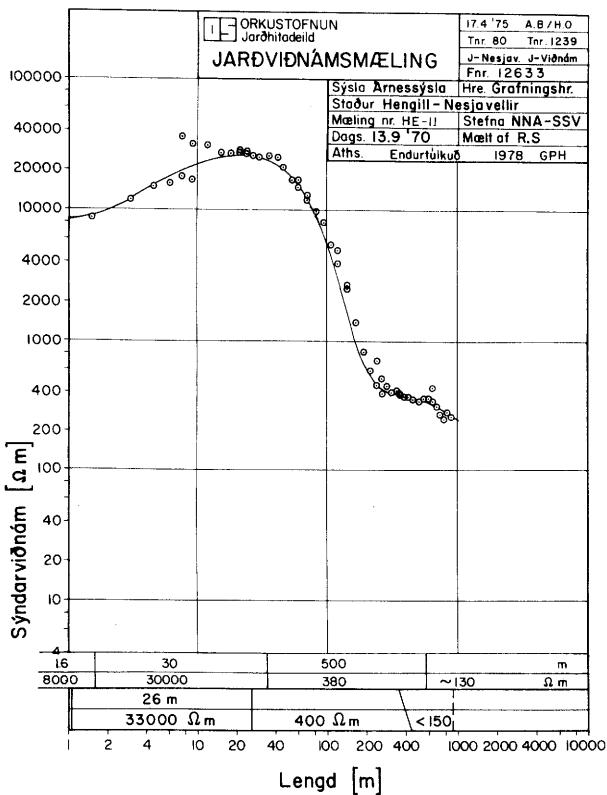
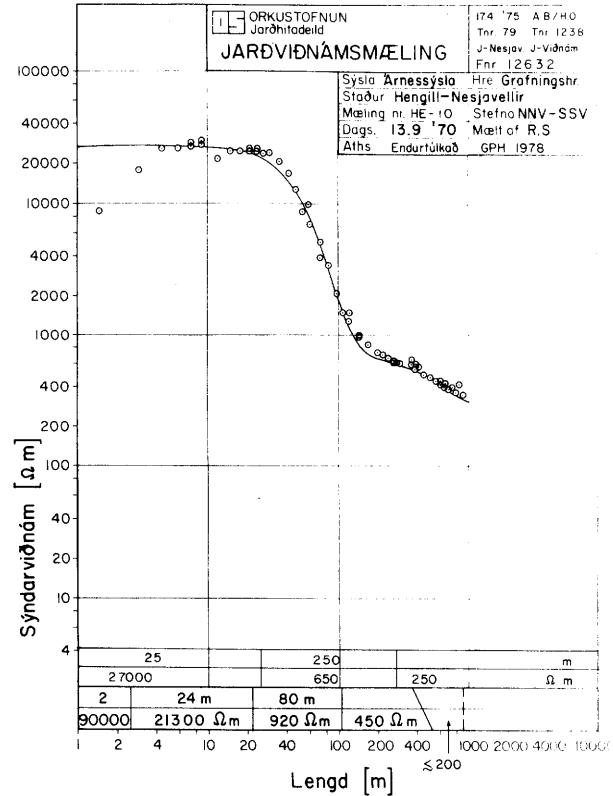
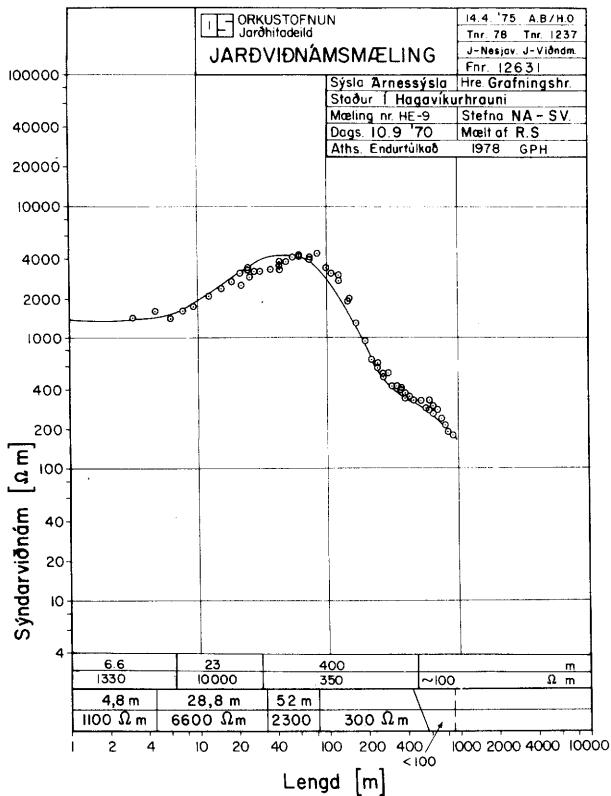
tölulega lítil. Snúningshornið er gefið sem fall af sveiflutíma (period) miðað við segulnorður. Það sýnir áberandi tvívíð áhrif, þar sem snúningshorn mælinga eru að mestu óháð sveiflutíma. Meðaltalsgildi einstakra mælinga eru á bilinu  $30\text{--}60^\circ$ , að meðaltali um  $50^\circ$ . Þetta er sama tala og fékkst fyrir B-mælingar. Aftan við þessar frumniðurstöður HGL-mælinga eru niðurstöður birtar á nýjan leik. Nú með ásastefnu mælinga umreknaða yfir í nýtt hnitakerfi þar sem annar ásinn er nær því að vera samsíða ríkjandi viðnámsskilum og hinn hornréttur á hana (bls. 76). Að lokum er sýnd einvíð túlkun HGL-mælinga, bæði E-pólin og H-pólin, með mælistefnum umreknuðum í nýja hnitakerfið (bls. 83). Reynt er að túlka bæði sýndarviðnámsferil og sýndarfasaferil saman, þ.e.a.s. finna það líkan sem gefur útreiknaða ferla sem falla best að báðum mældu ferlunum. Hringir tákna mældan feril og óbrotin lína þann feril sem fæst, ef jörðin er lárétt lagskipt (einvíð) og lagskiptingin er eins og túlkunin sem sýnd er til hliðar við ferlana.

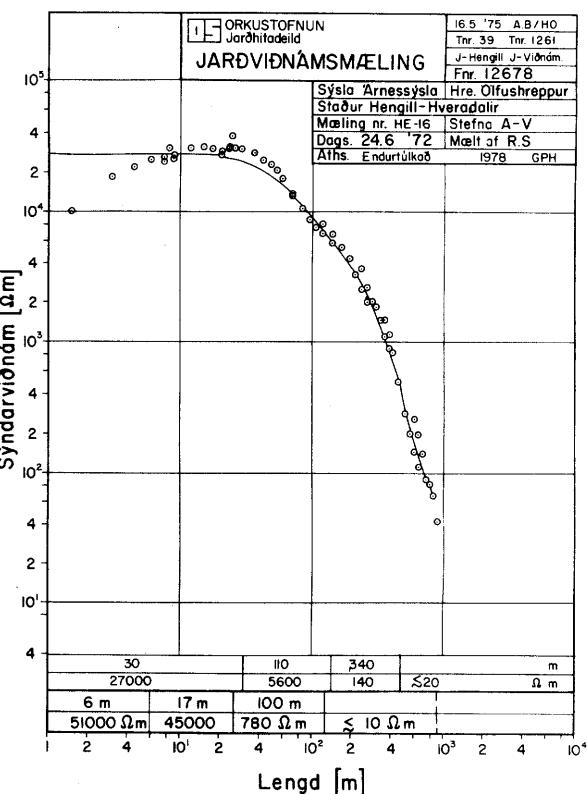
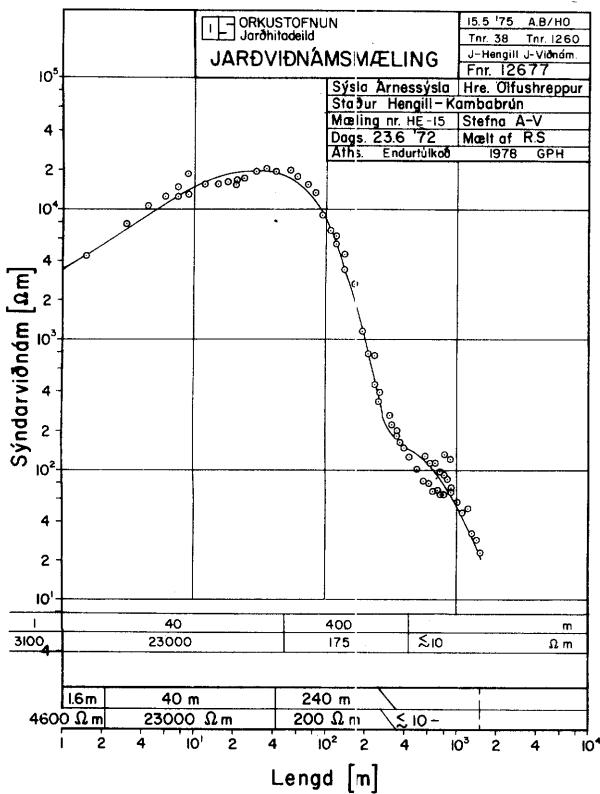
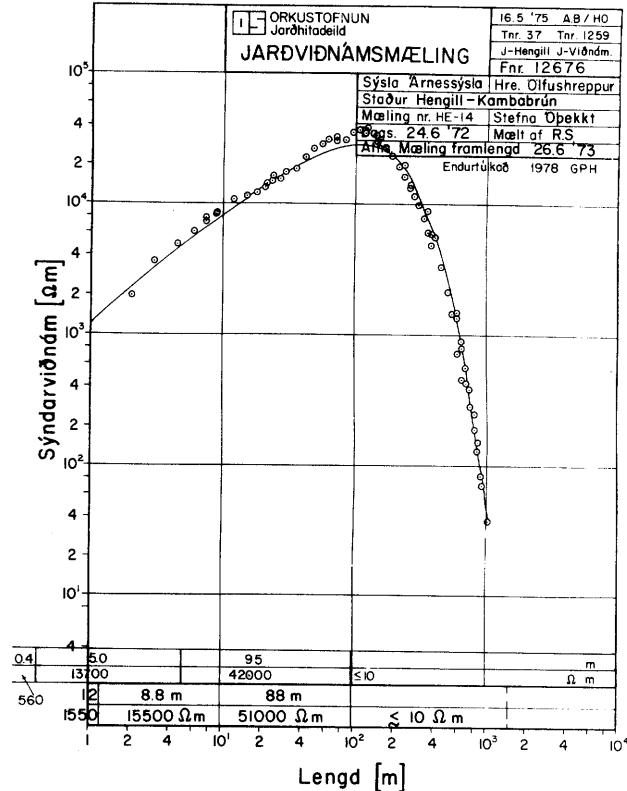
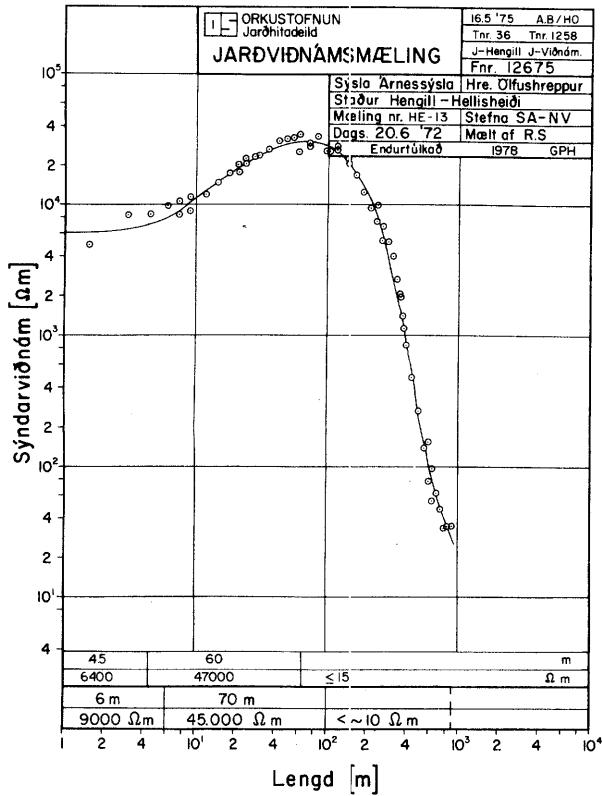
Samkvæmt þessum MT-mælingum er viðnámsgerð Hengilssvæðis tvívíð. Einvíð túlkun dugar því ekki og þyrfti að mæla mun fleiri mælingar eftir línum og túlka þær tvívít. Nauðsynlegt er að mæla rafsegulbylgjur á bilinu 0,1-1.000 s. Þannig má fá upplýsingar um viðnám á 5-50 km dýpi.

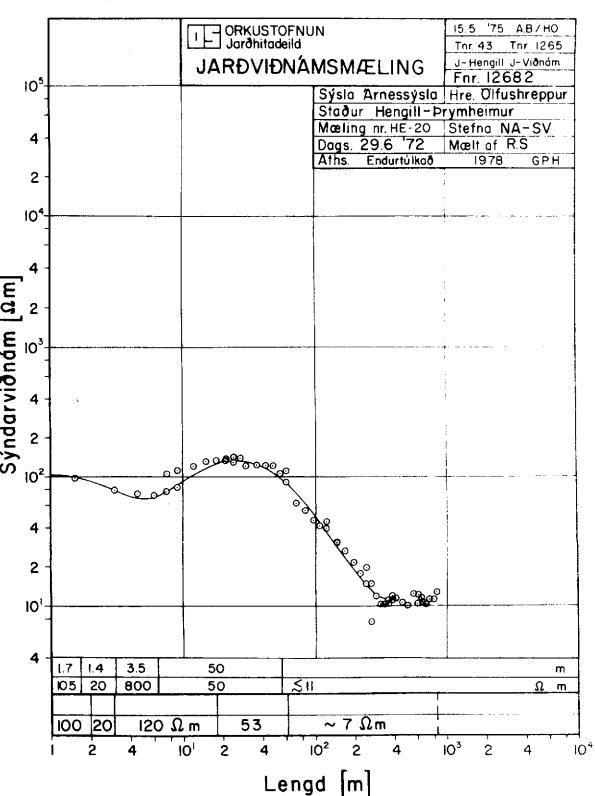
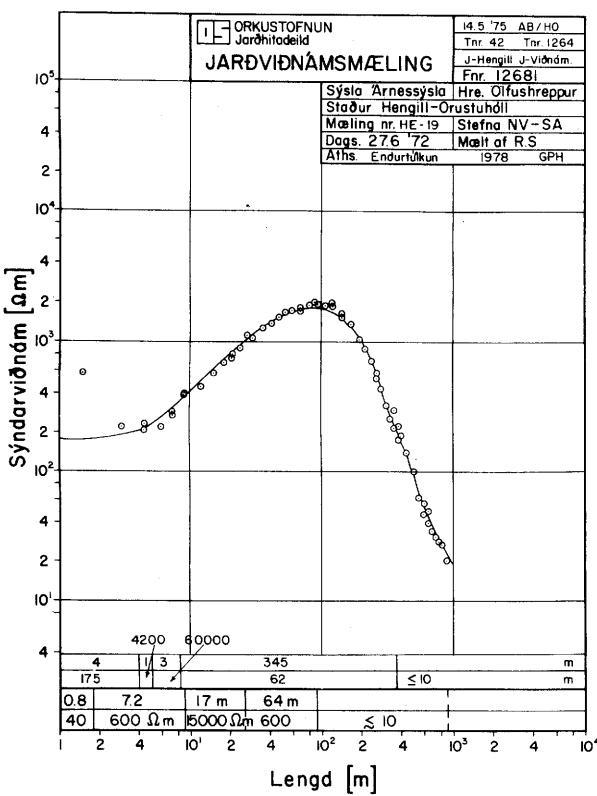
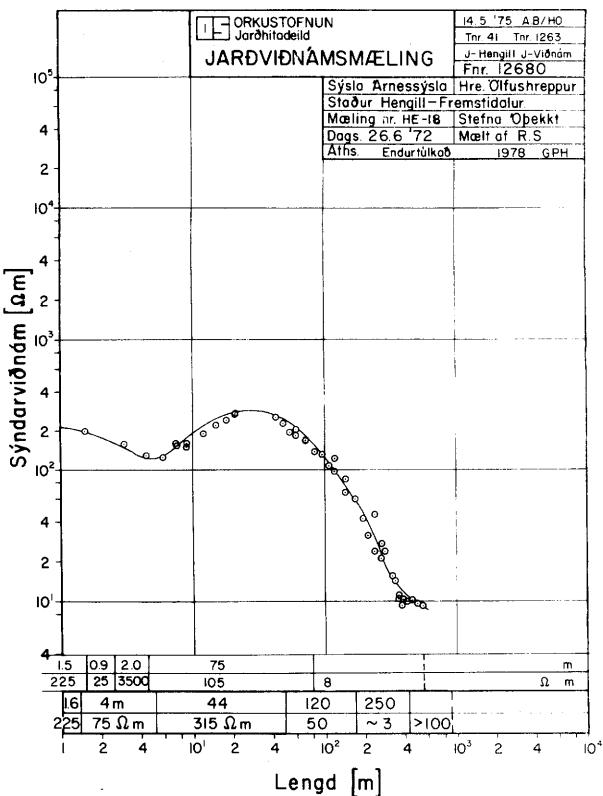
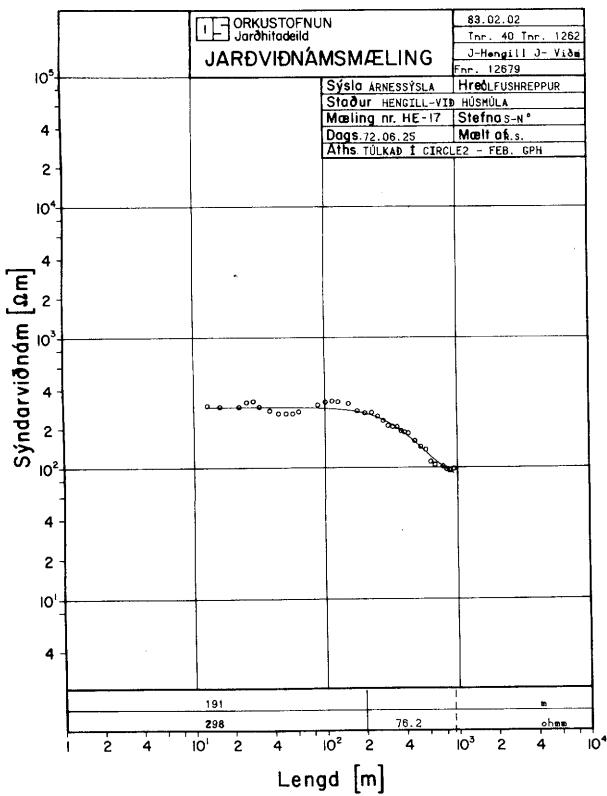
Fræðilegum grundvelli MT-mælinga, þar með talið þeim hugtökum er hafa verið útskýrð hér stuttlega, var gerð frekari skil á ráðstefnu Eðlisfræðifélags Íslands í Munaðarnesi í október 1986 (Hjálmar Eysteinsson og Gylfi Páll Hersir 1987).

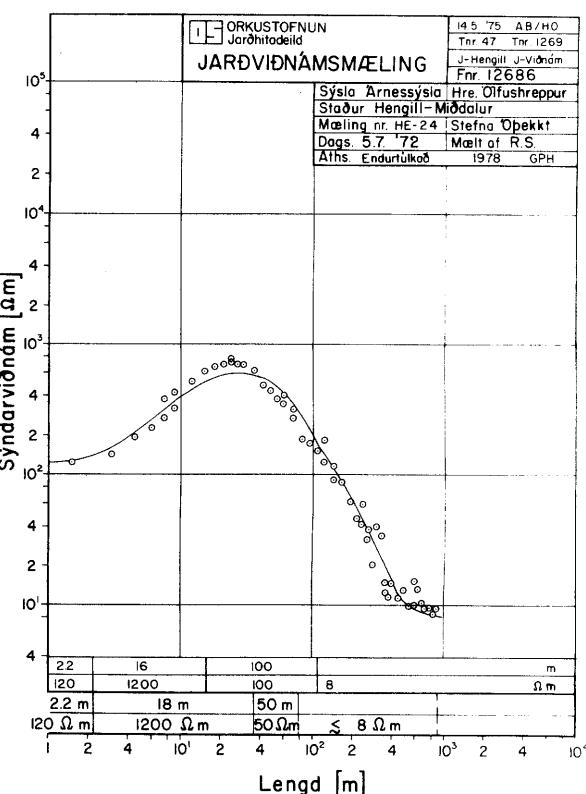
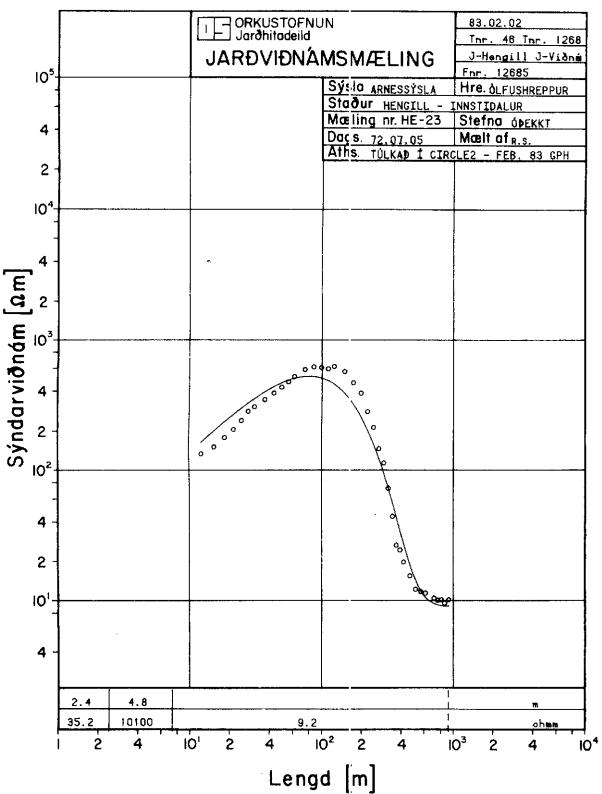
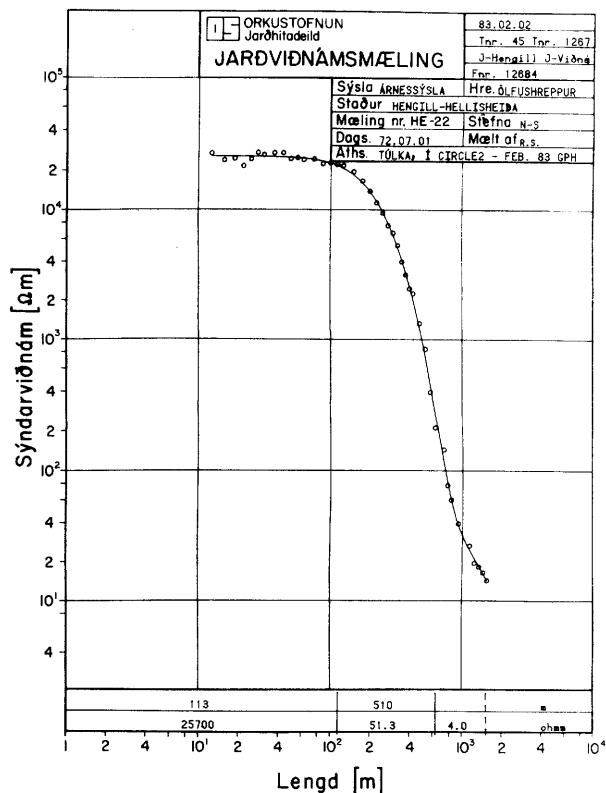
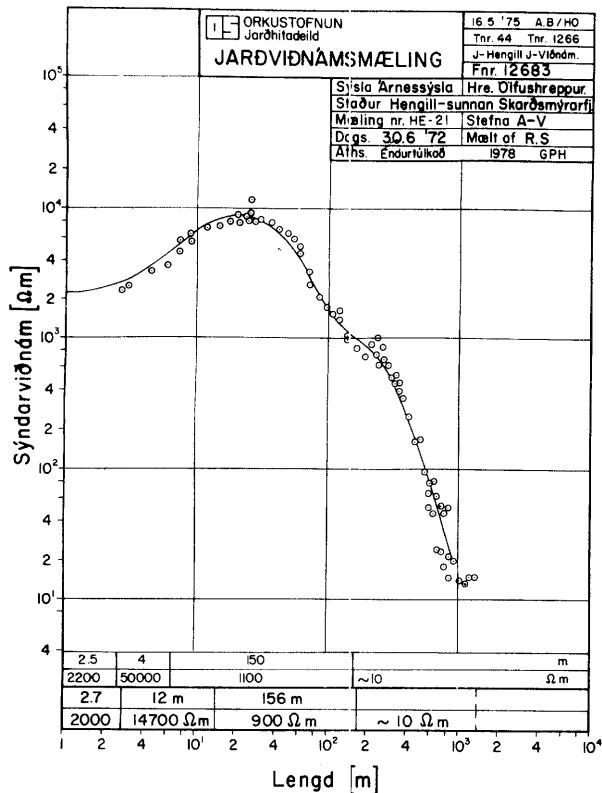
## 4.1 Schlumbergermælingar og einvíð túlkun þeirra

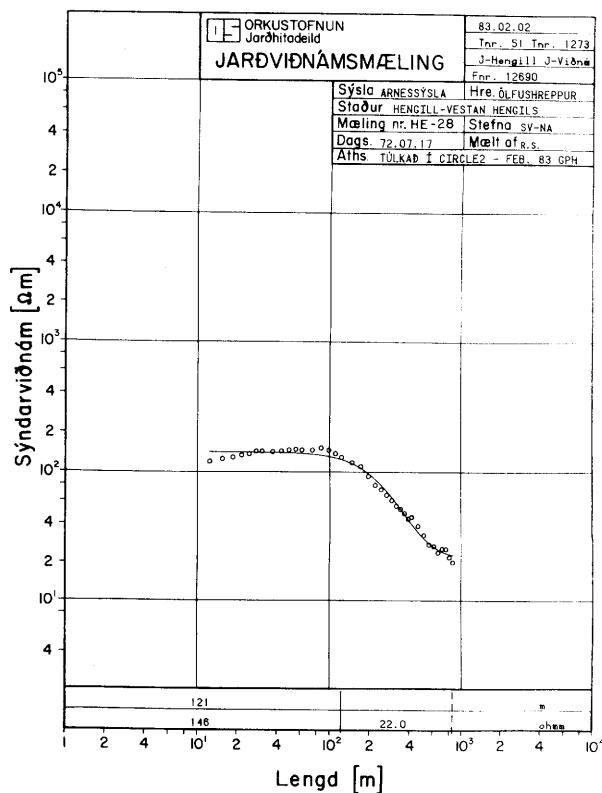
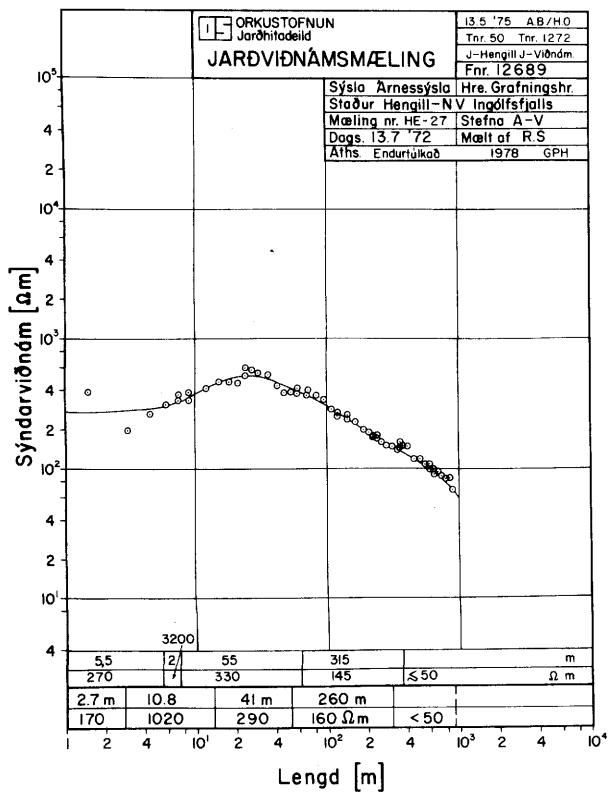
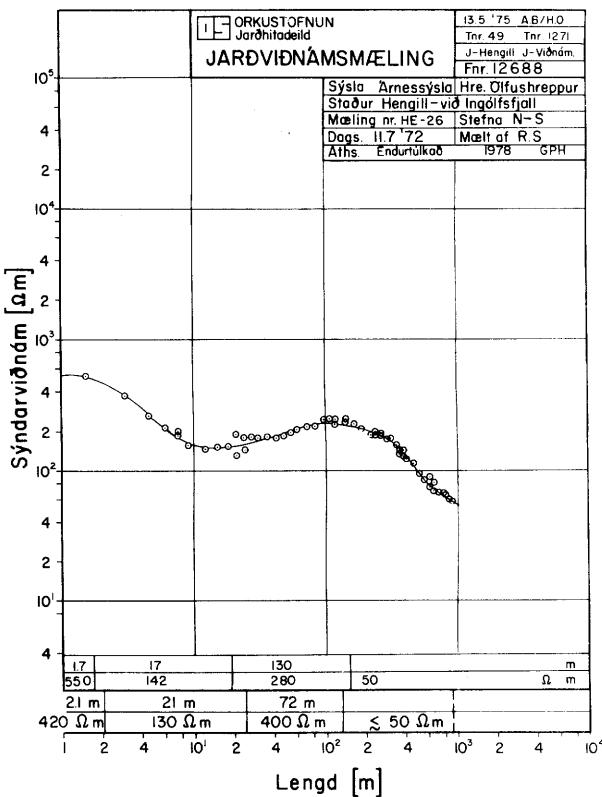
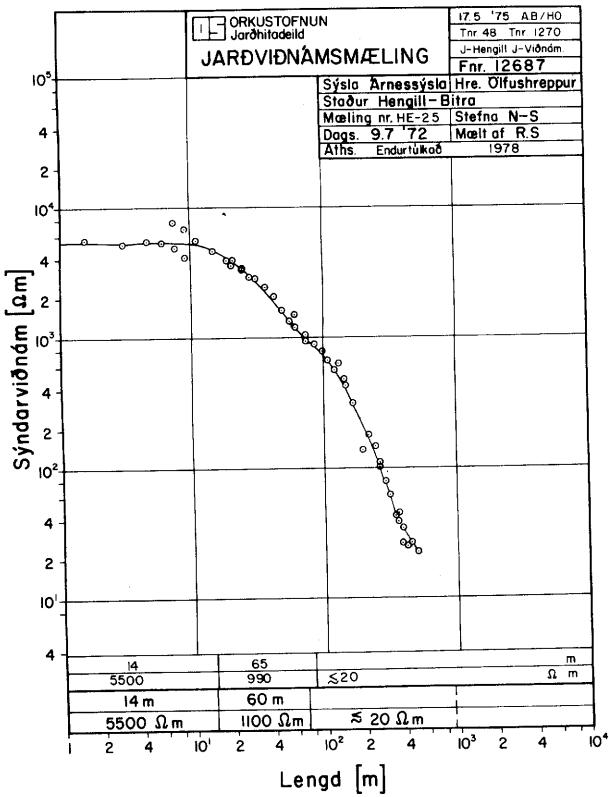


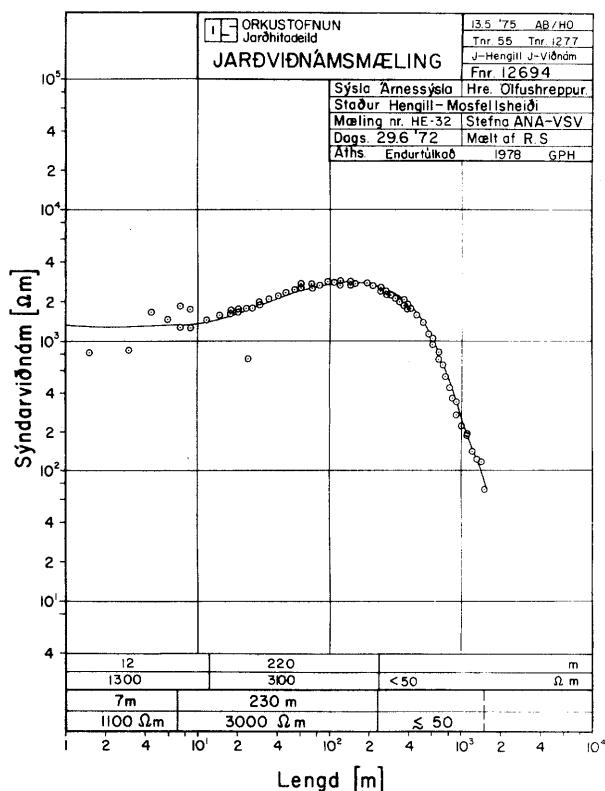
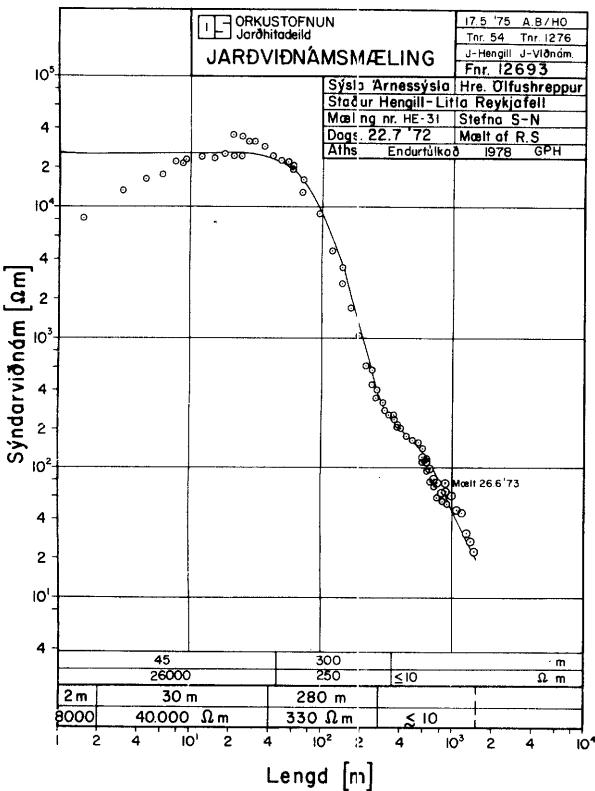
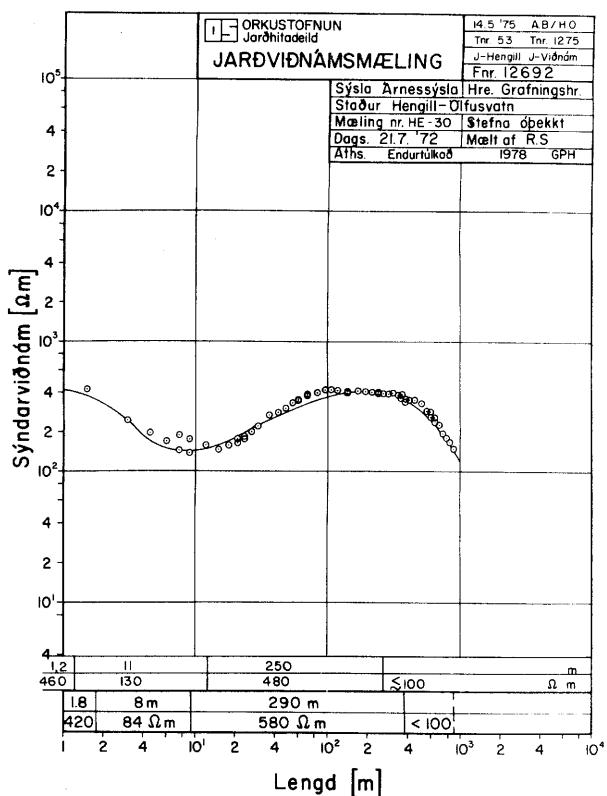
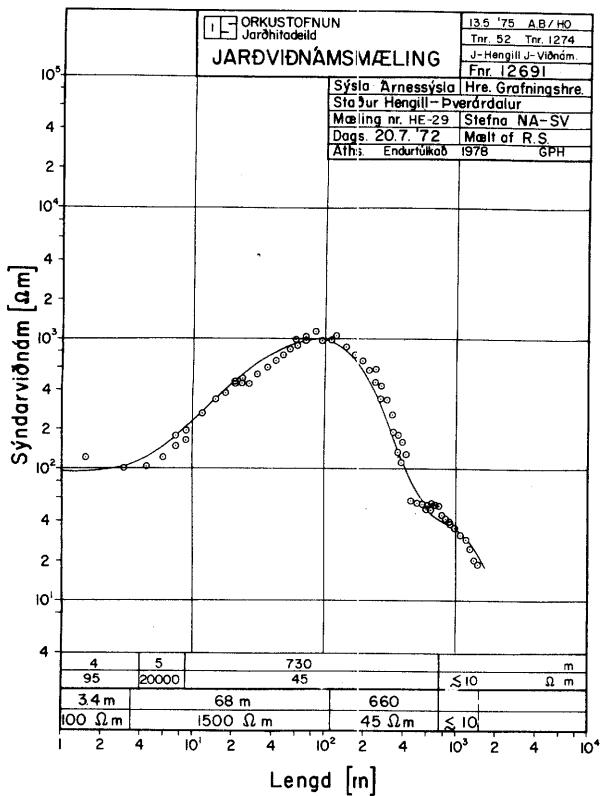


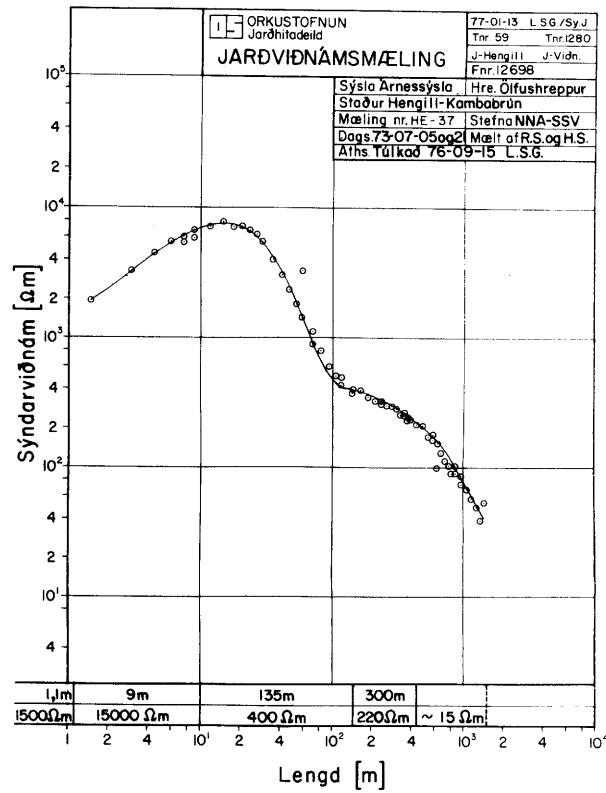
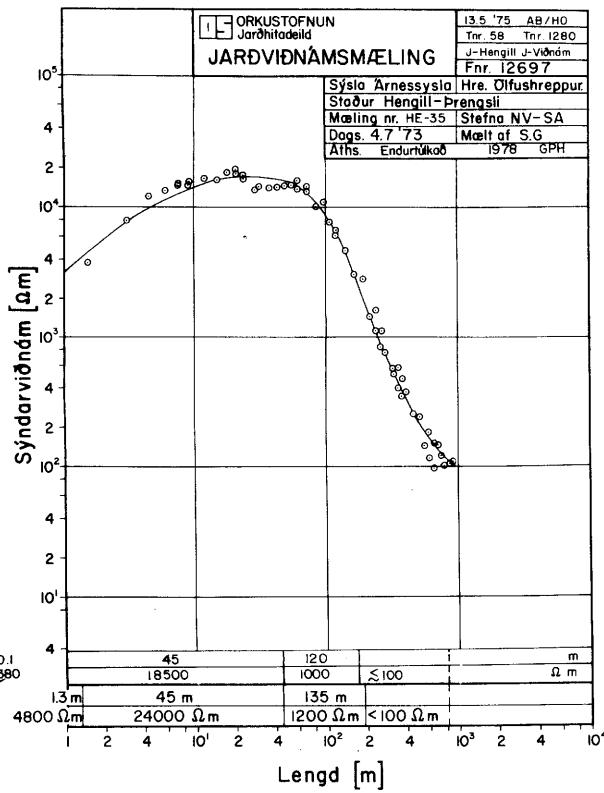
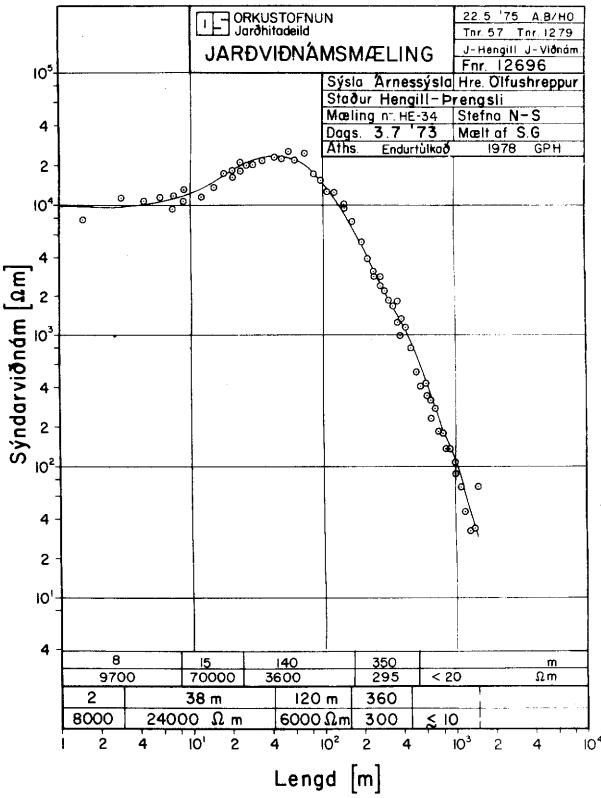
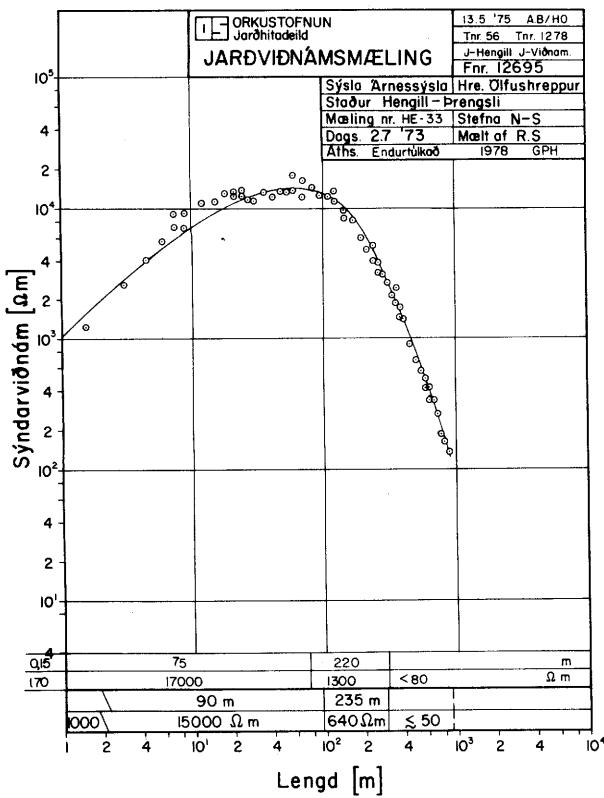


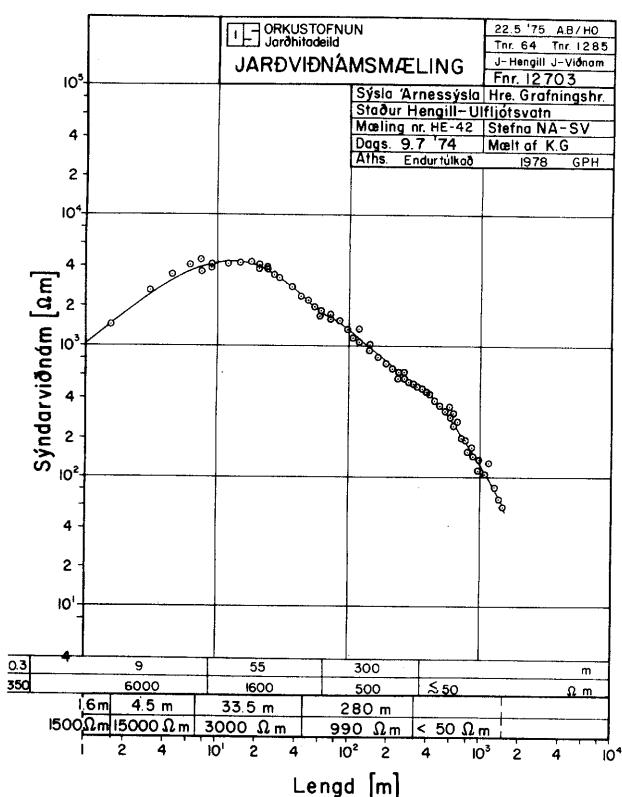
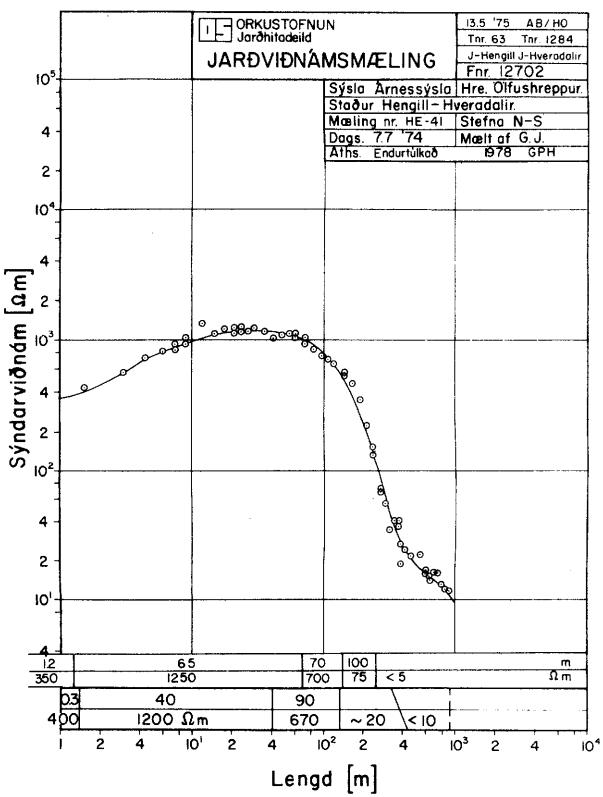
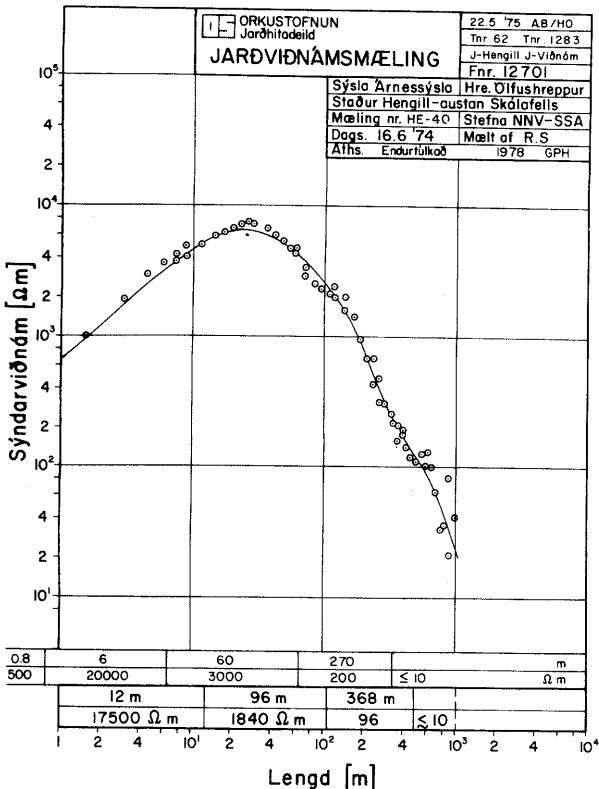
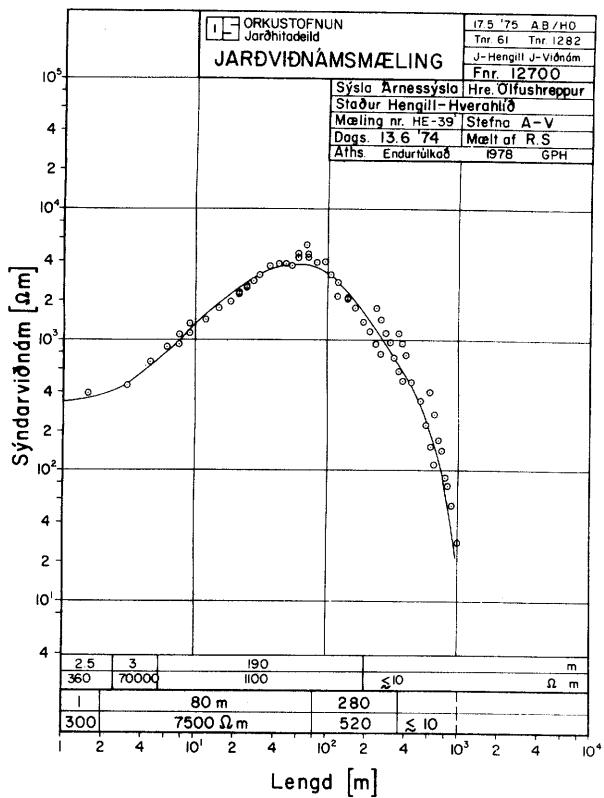


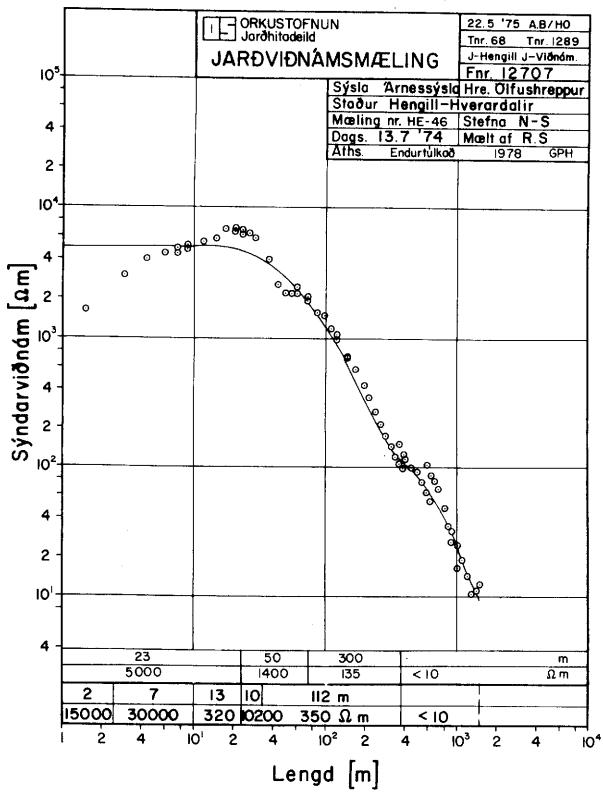
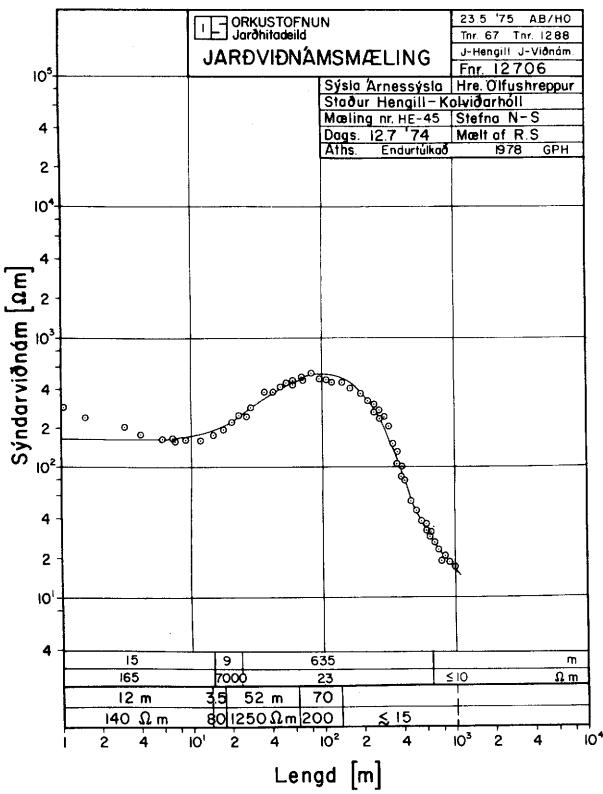
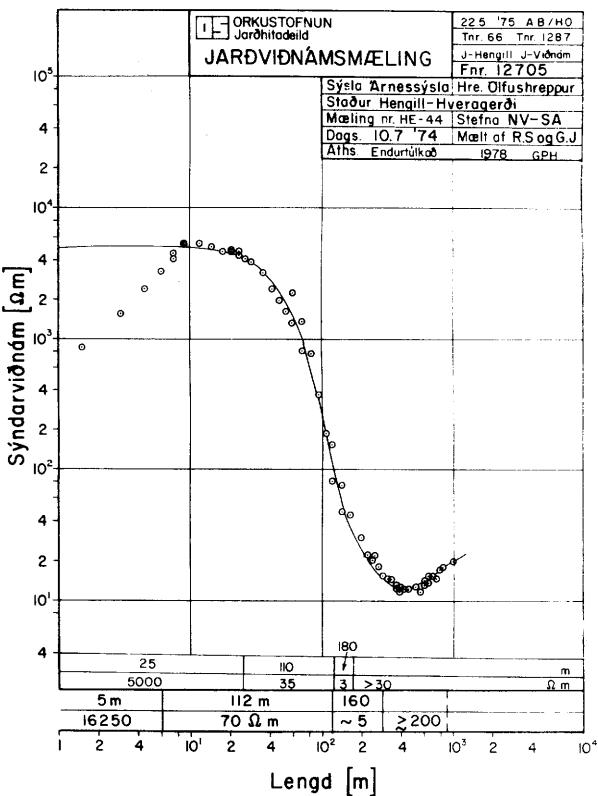
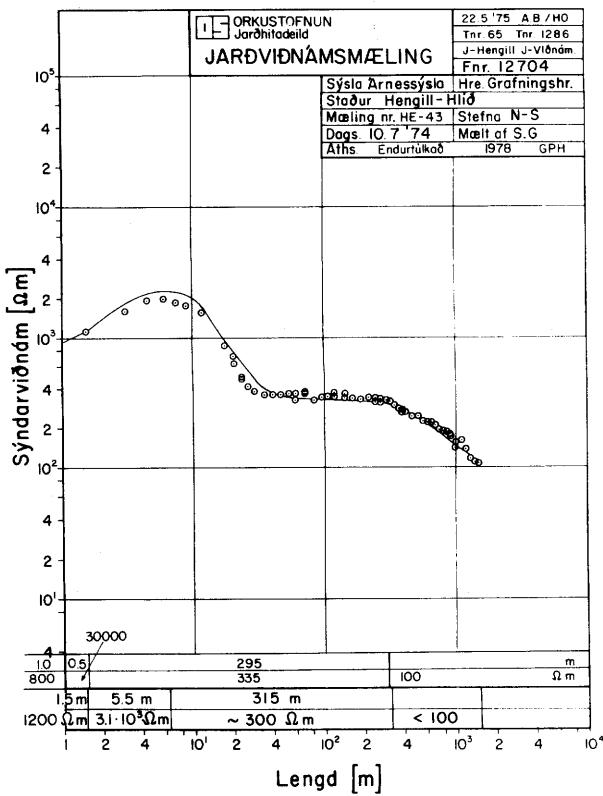


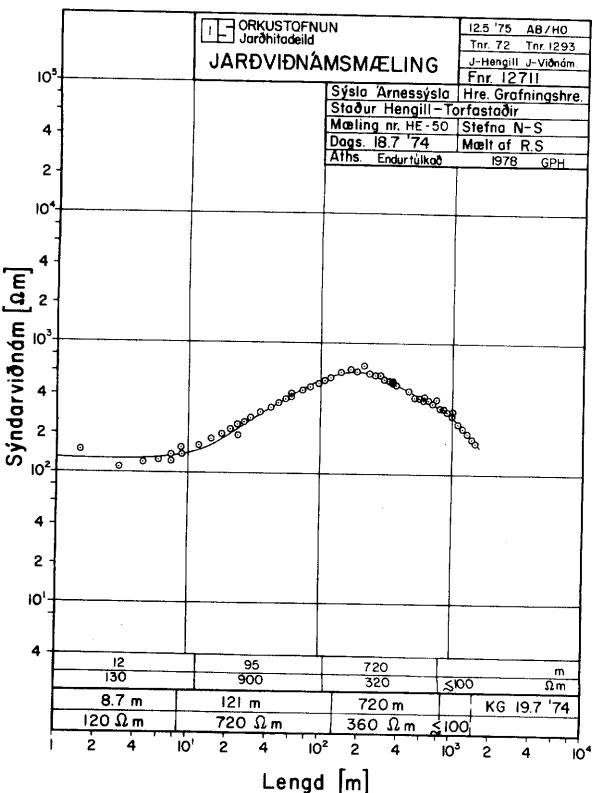
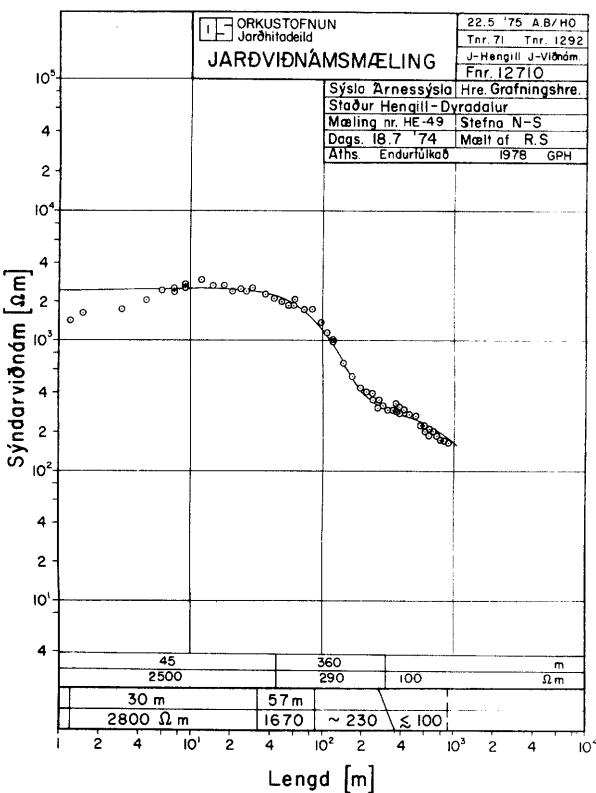
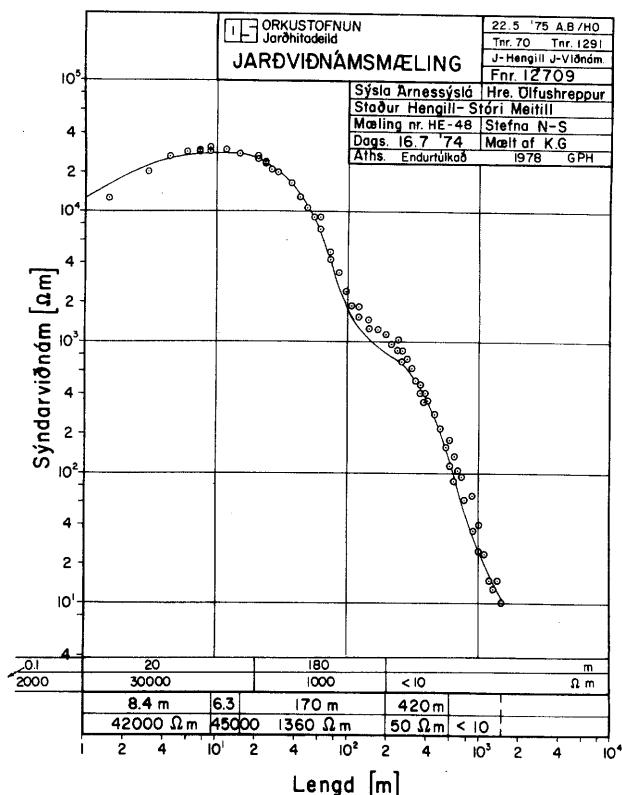
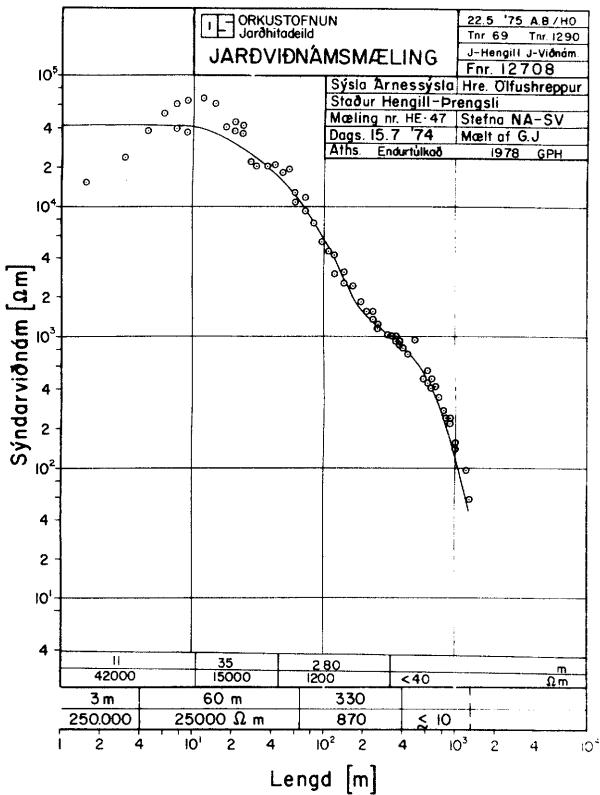


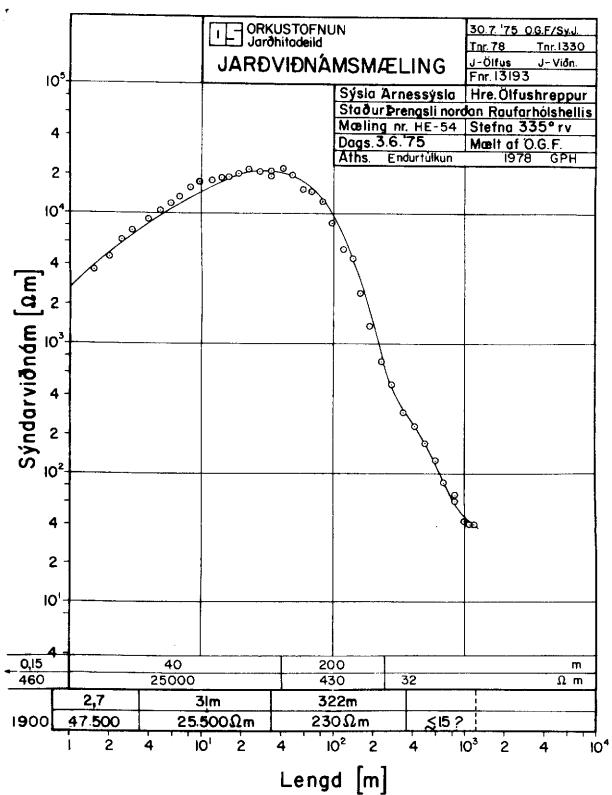
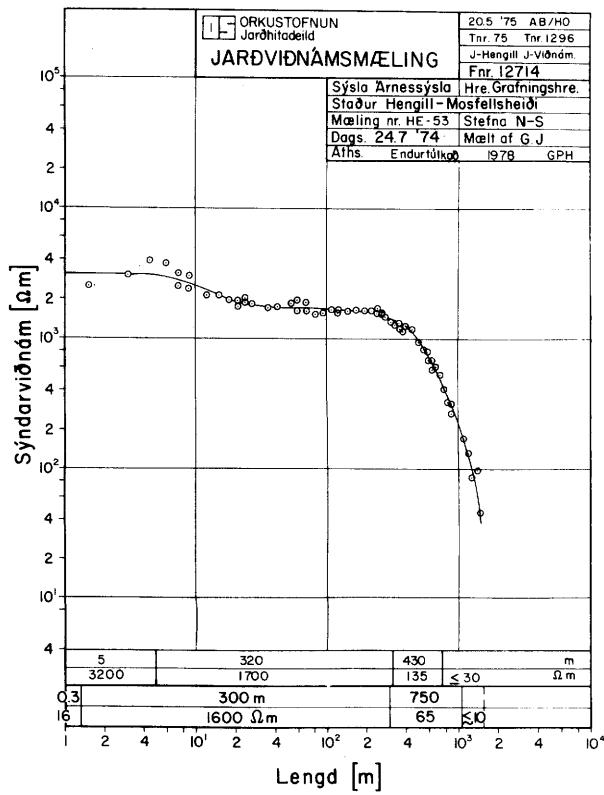
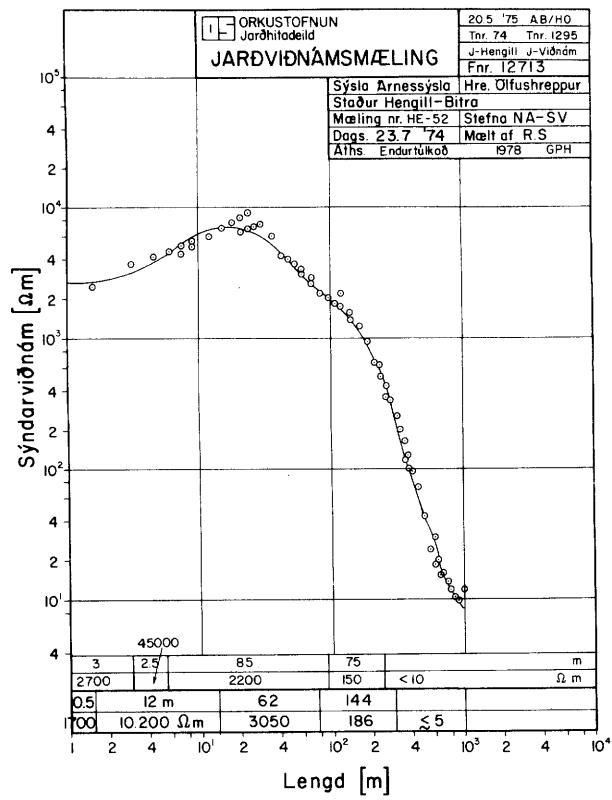
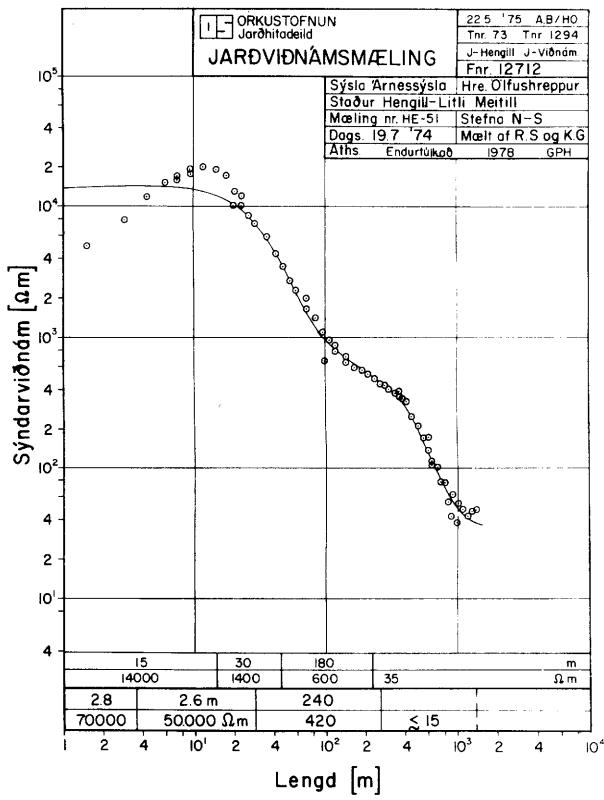


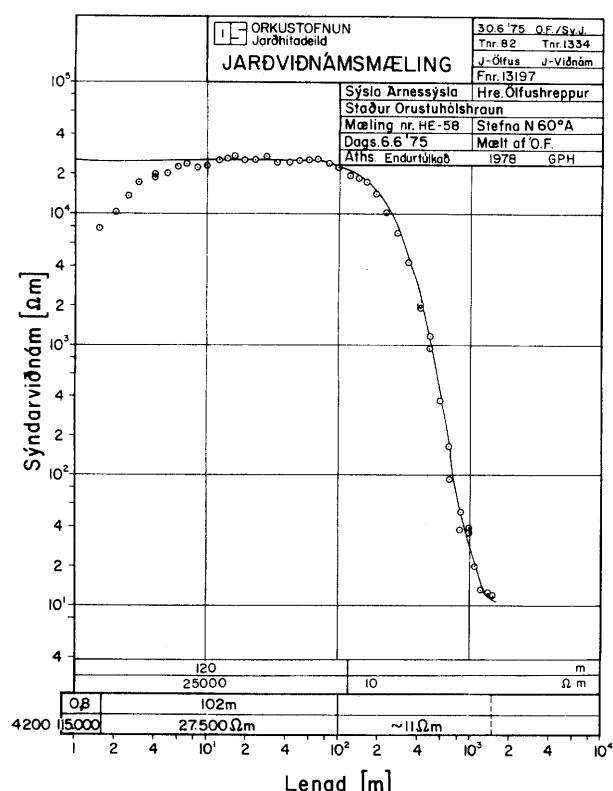
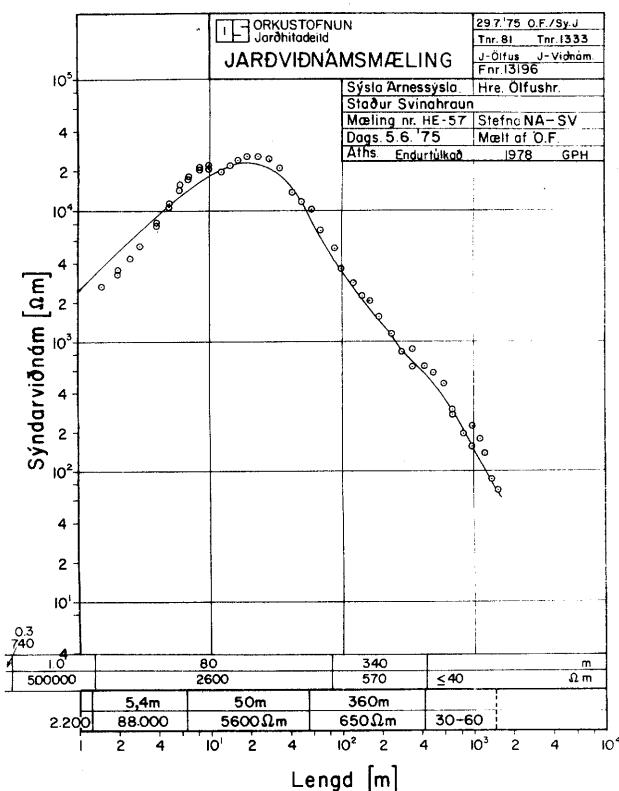
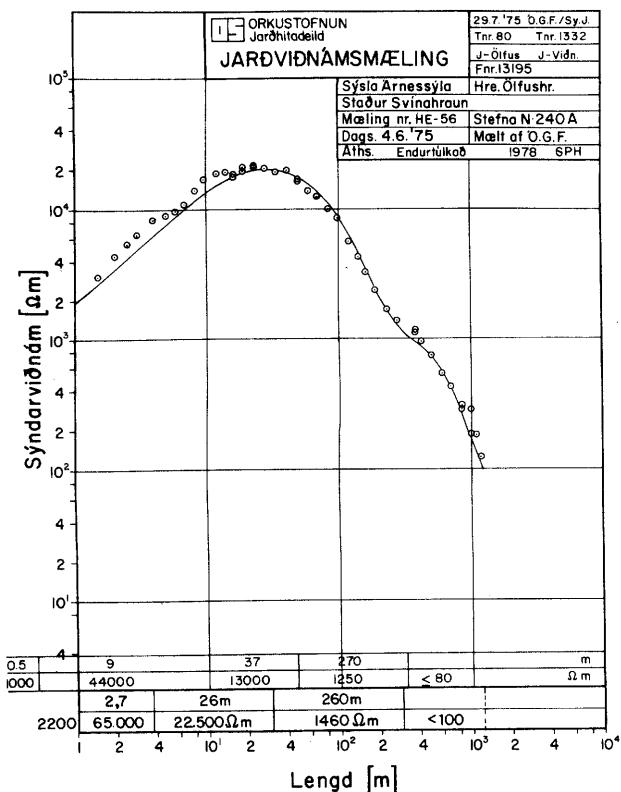
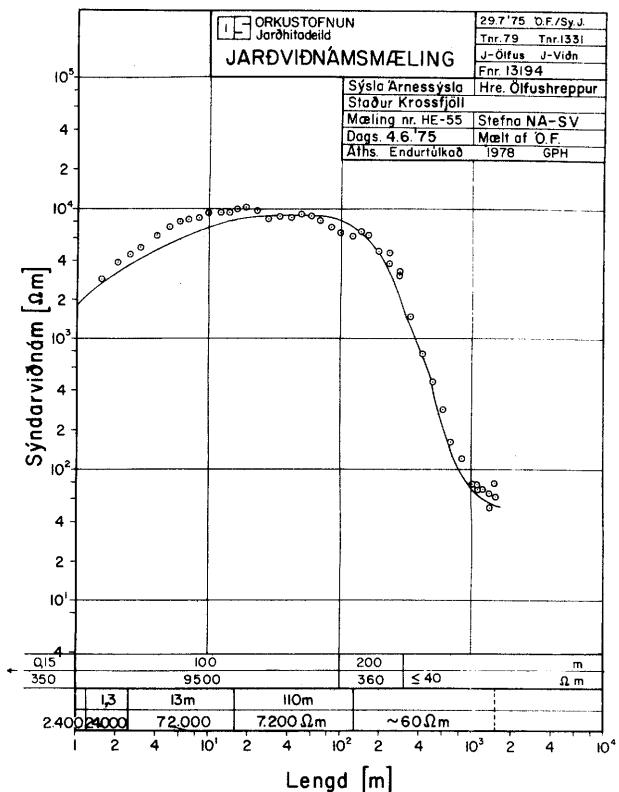


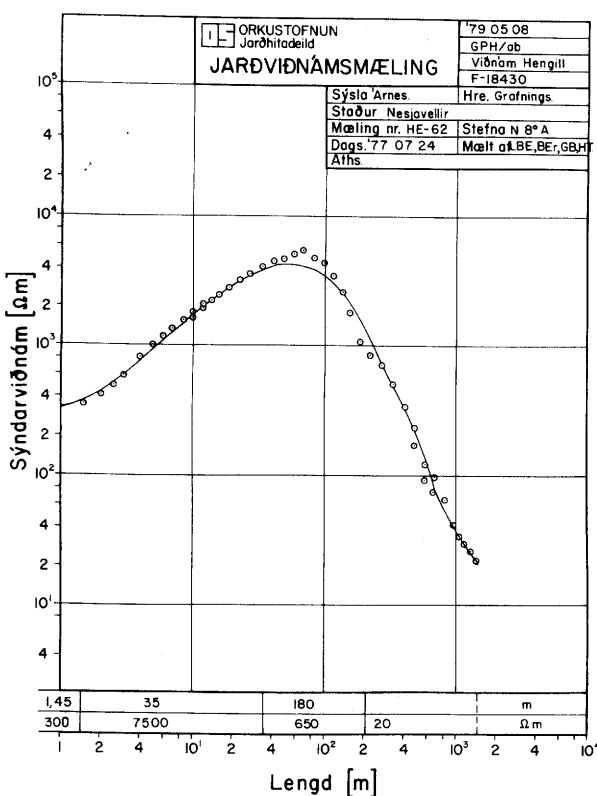
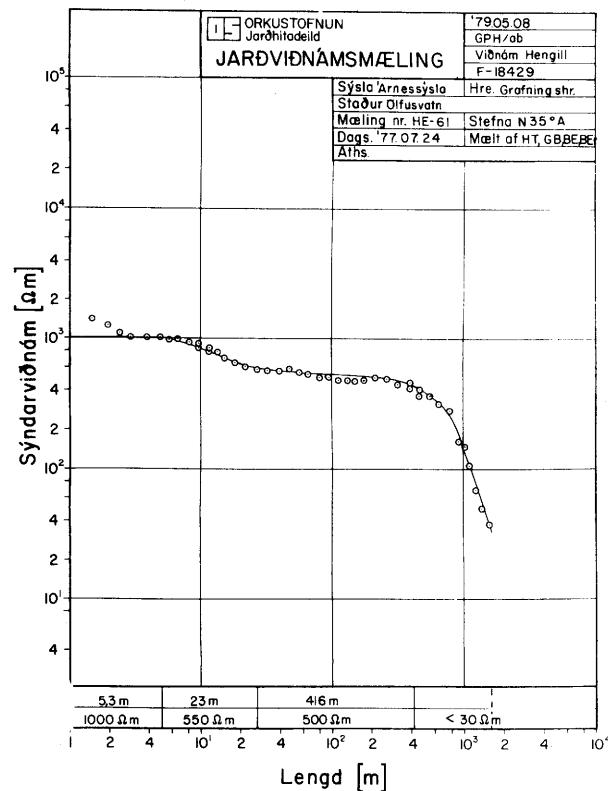
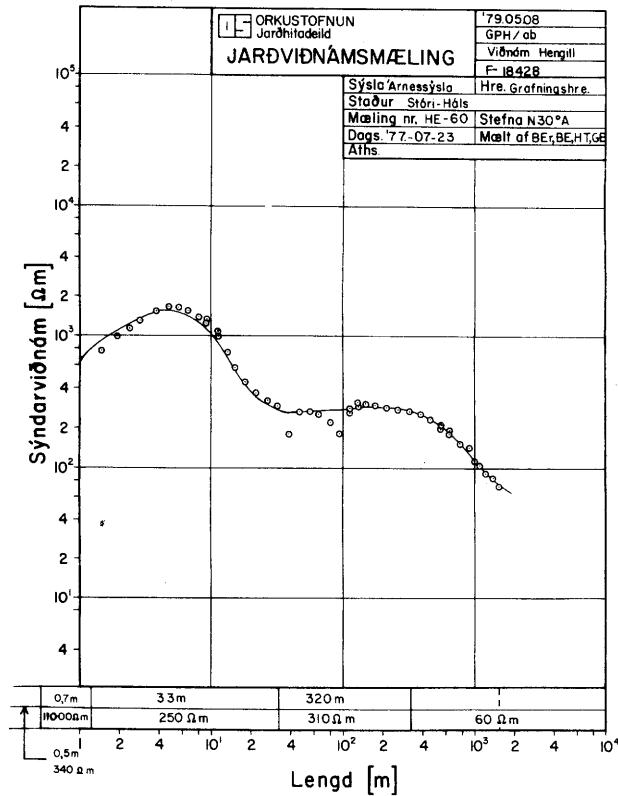
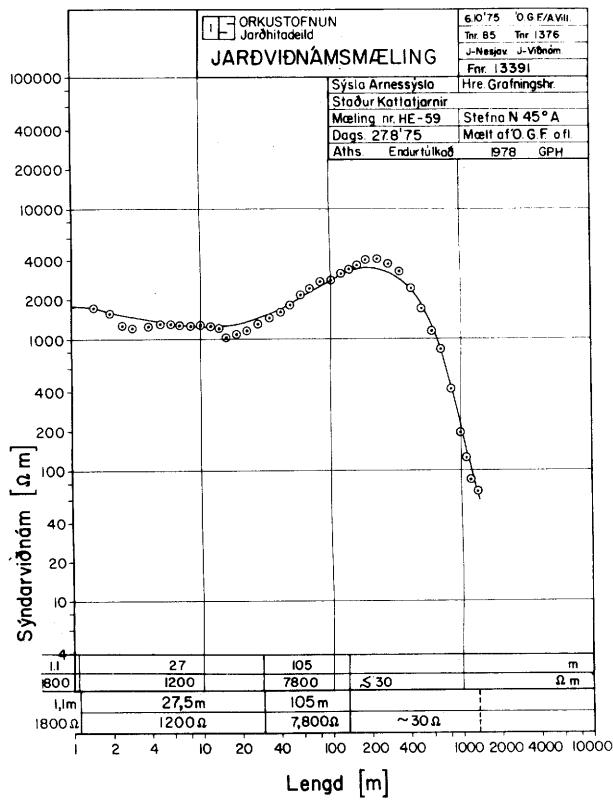


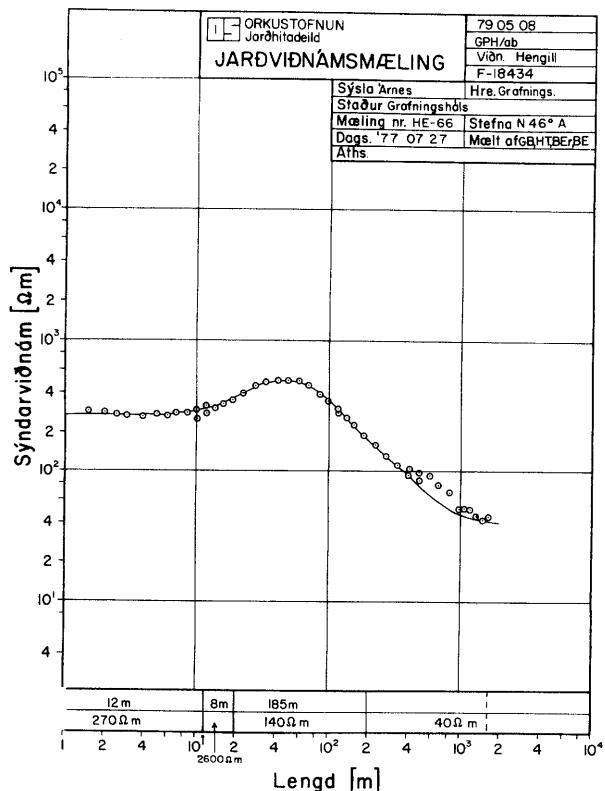
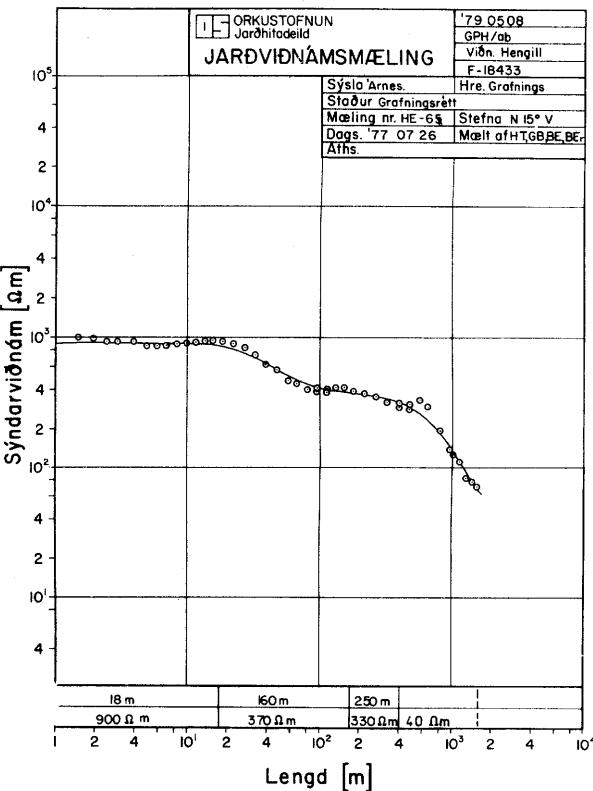
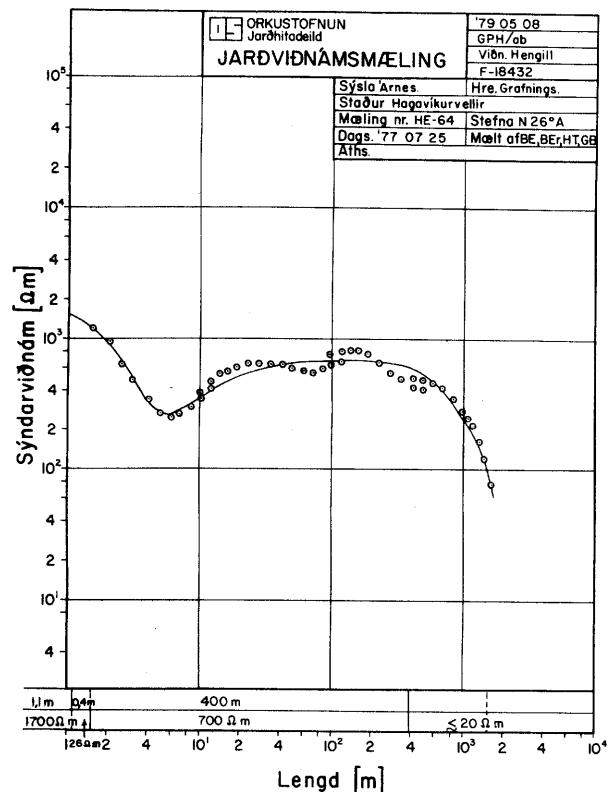
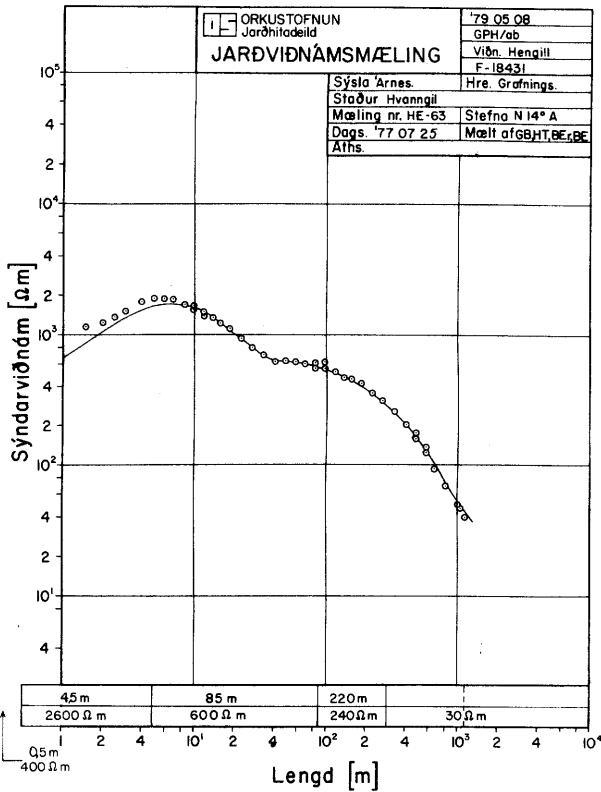


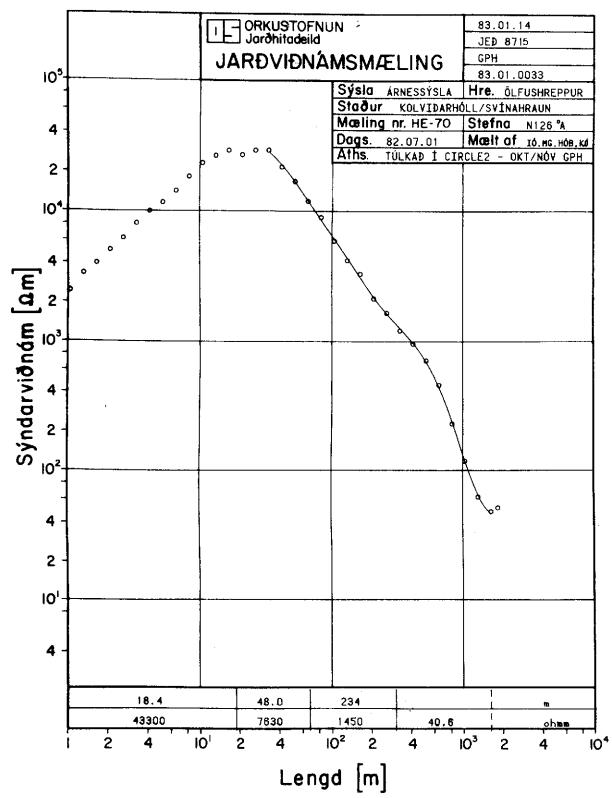
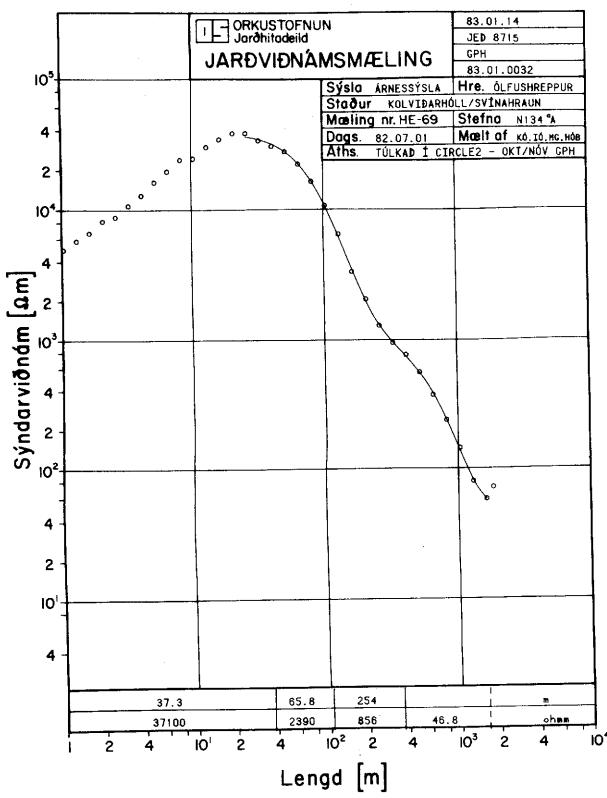
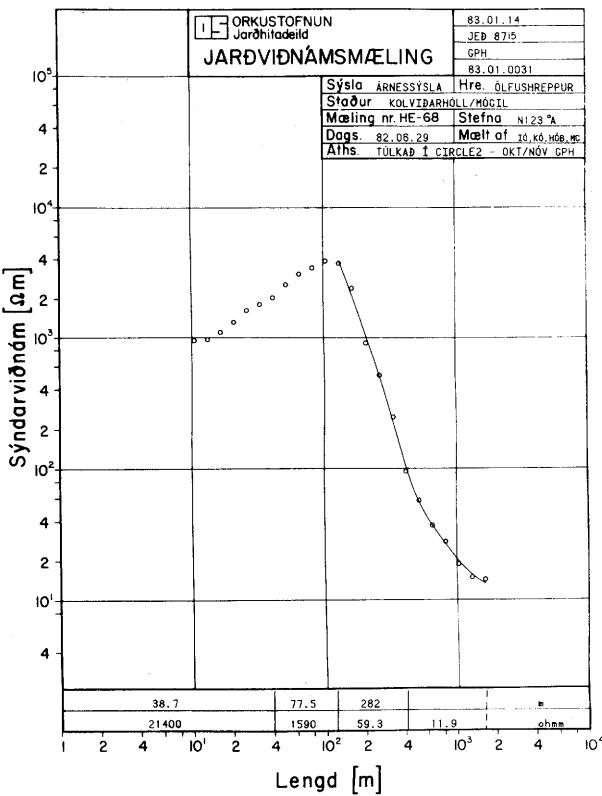
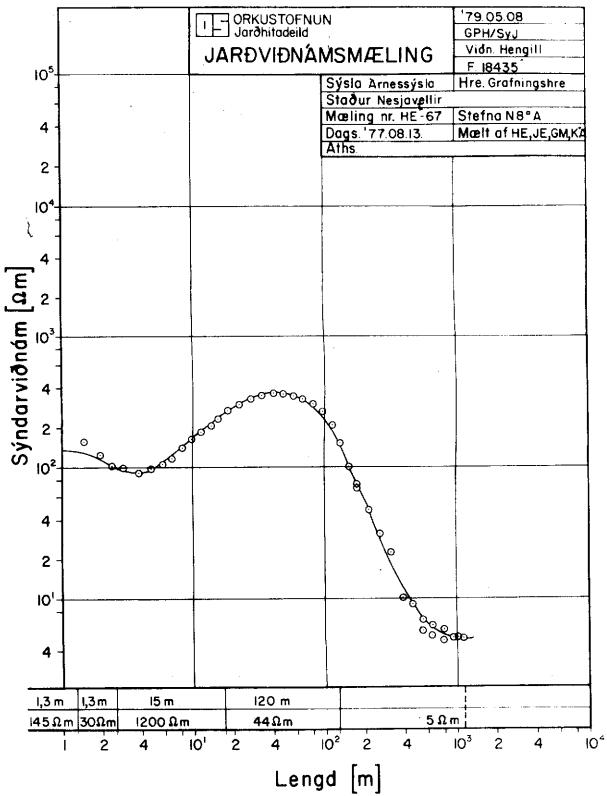


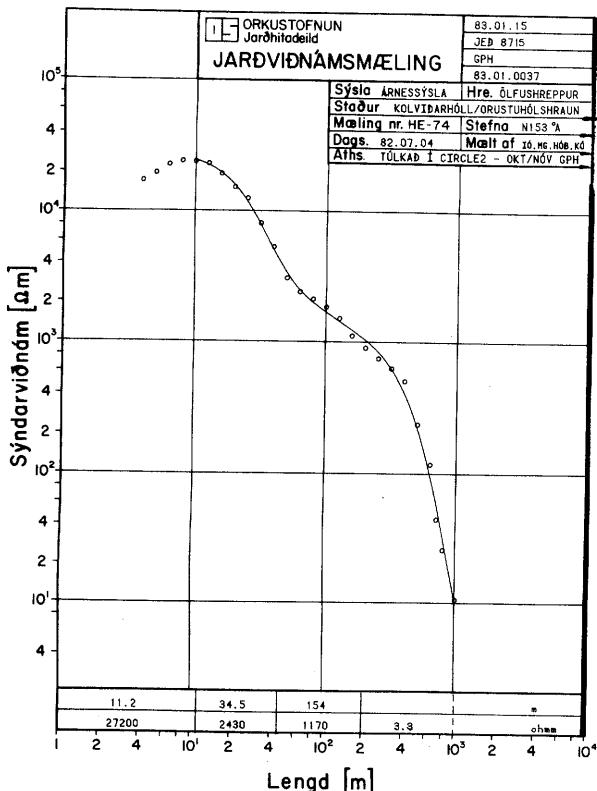
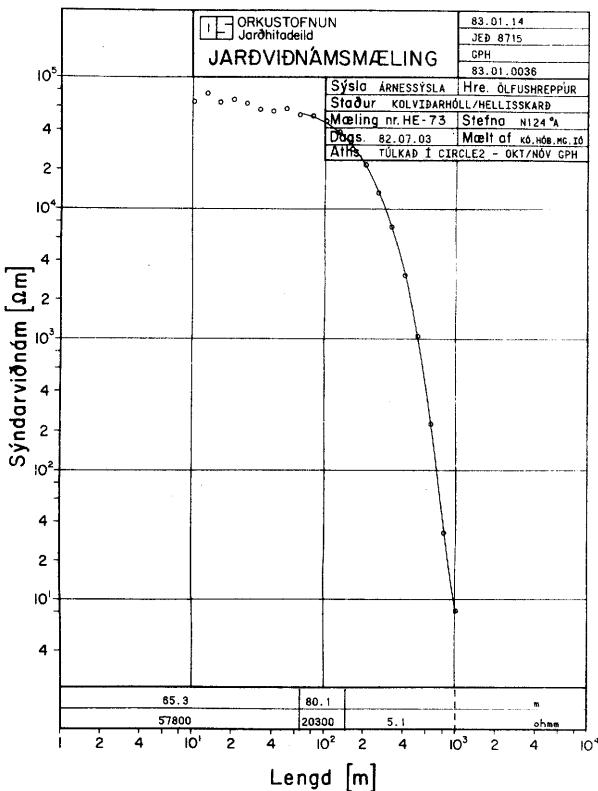
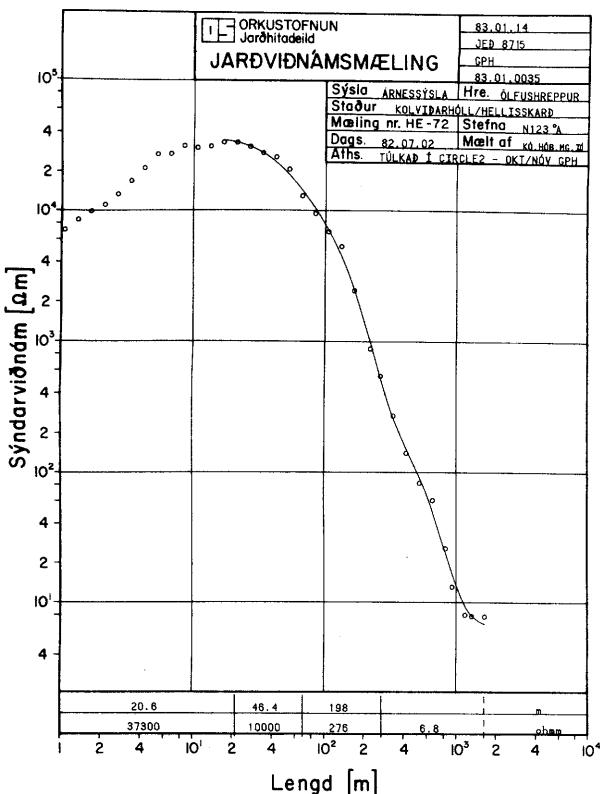
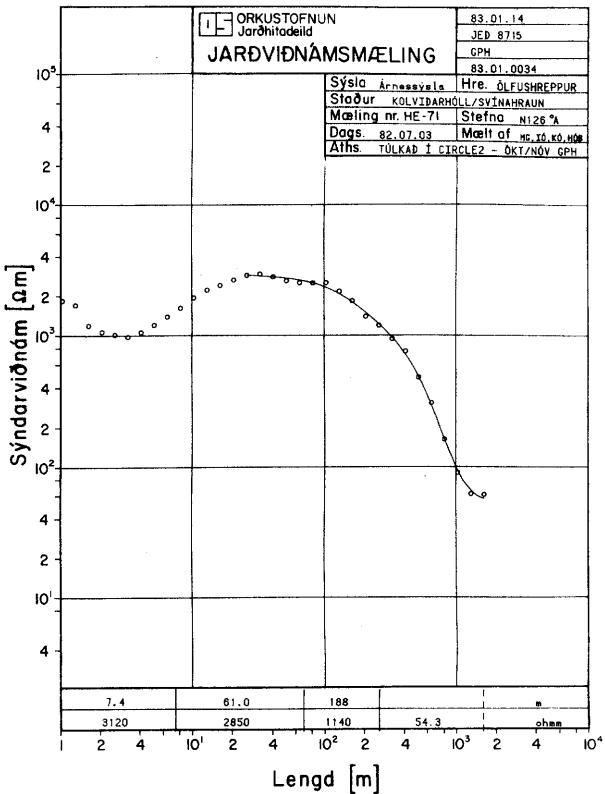


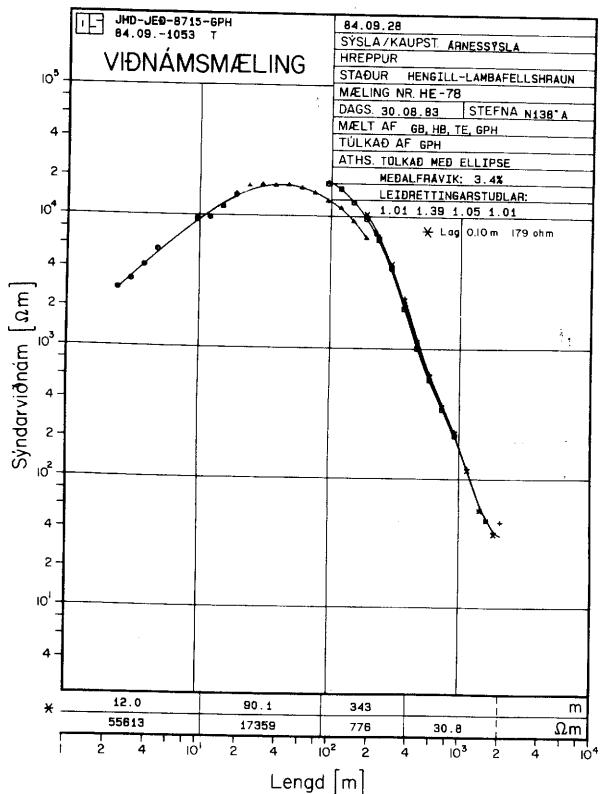
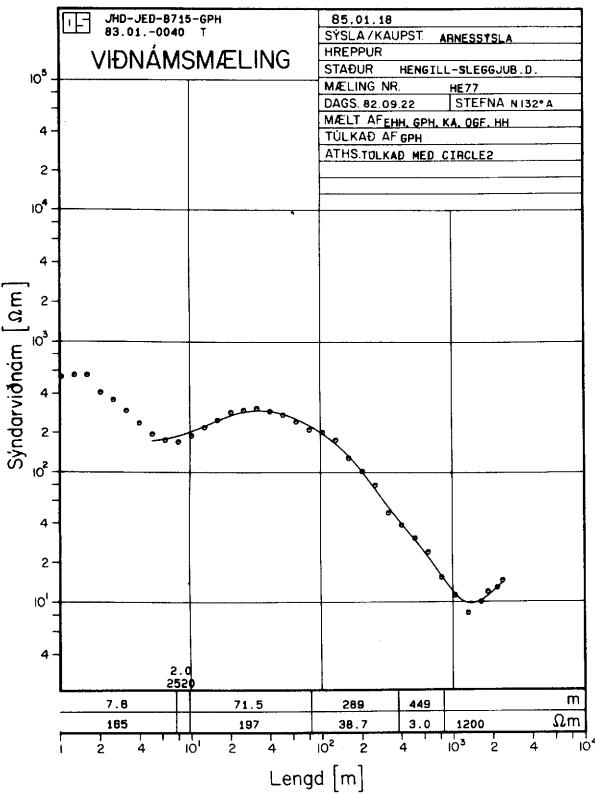
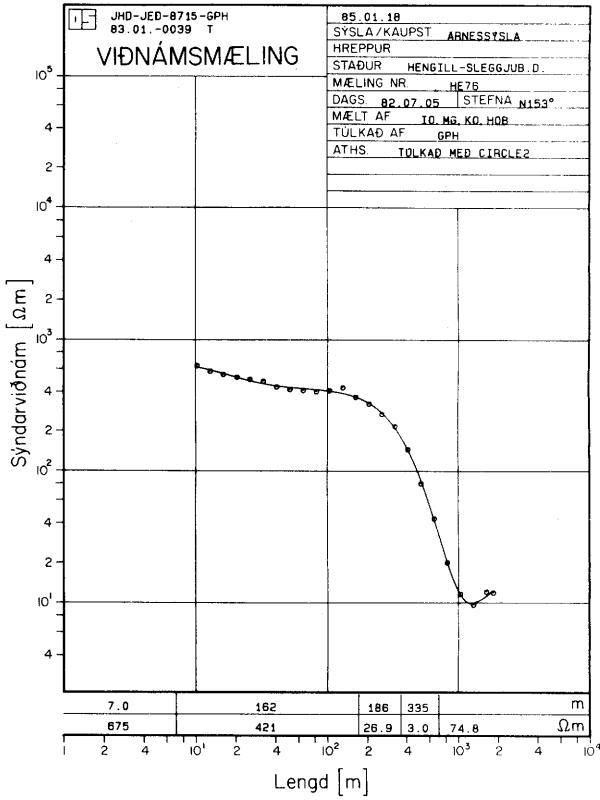
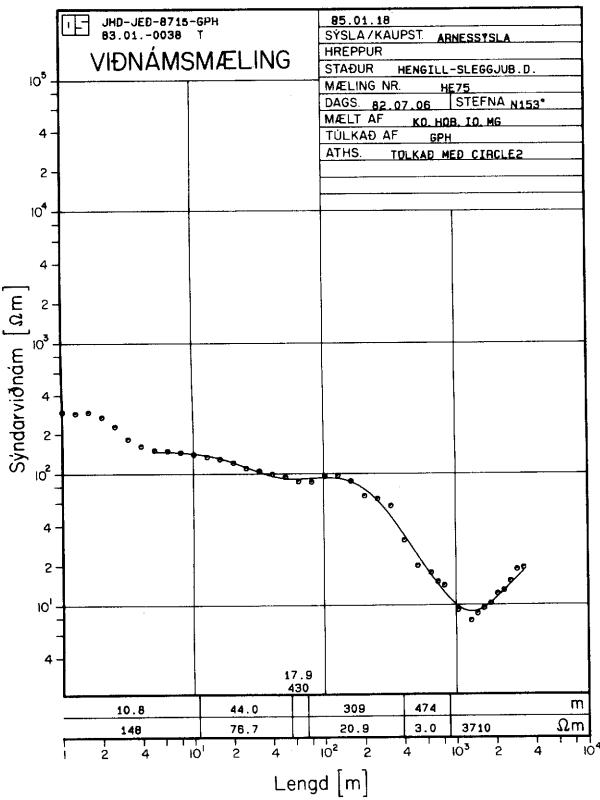


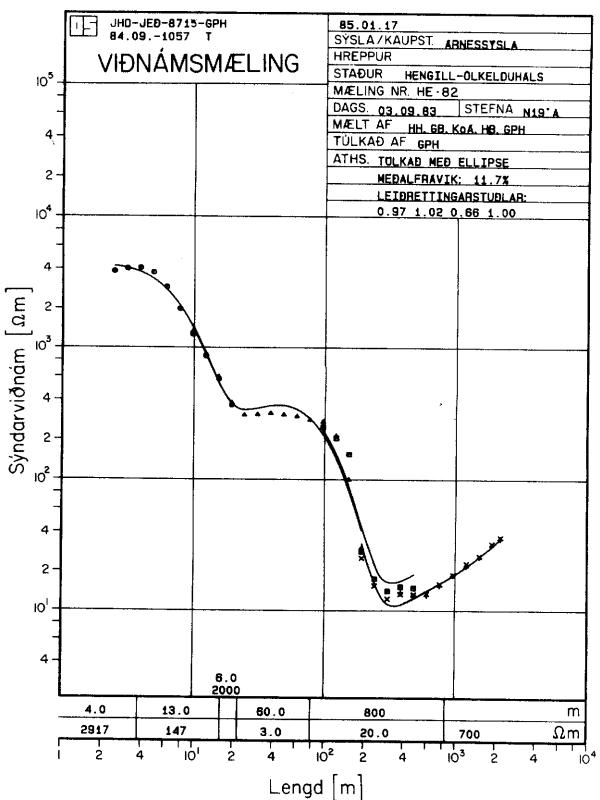
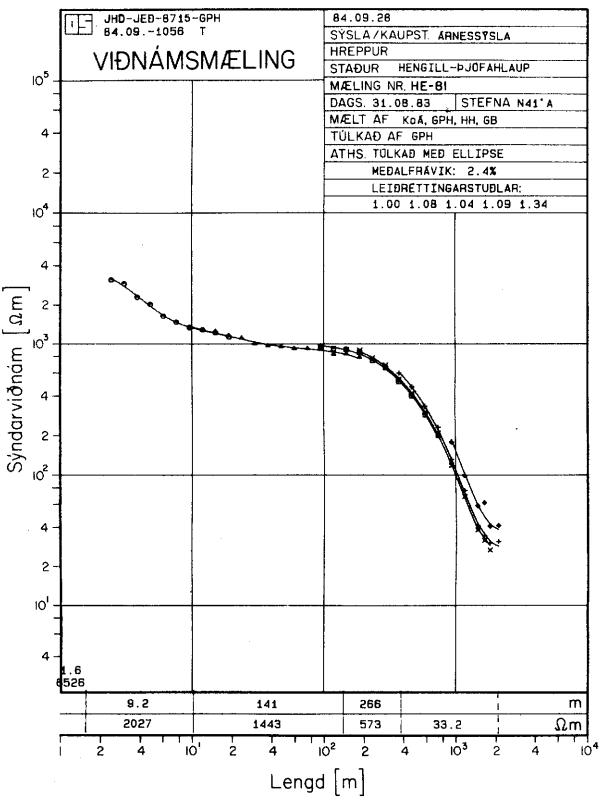
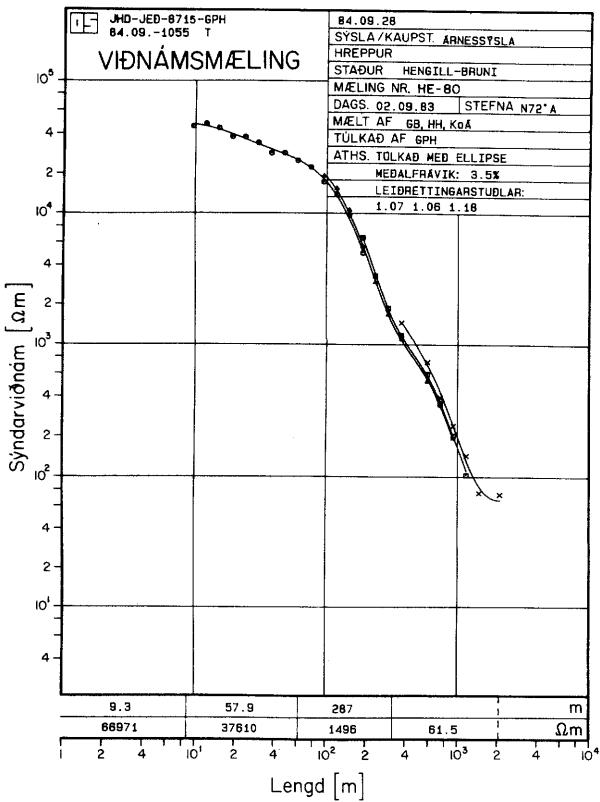
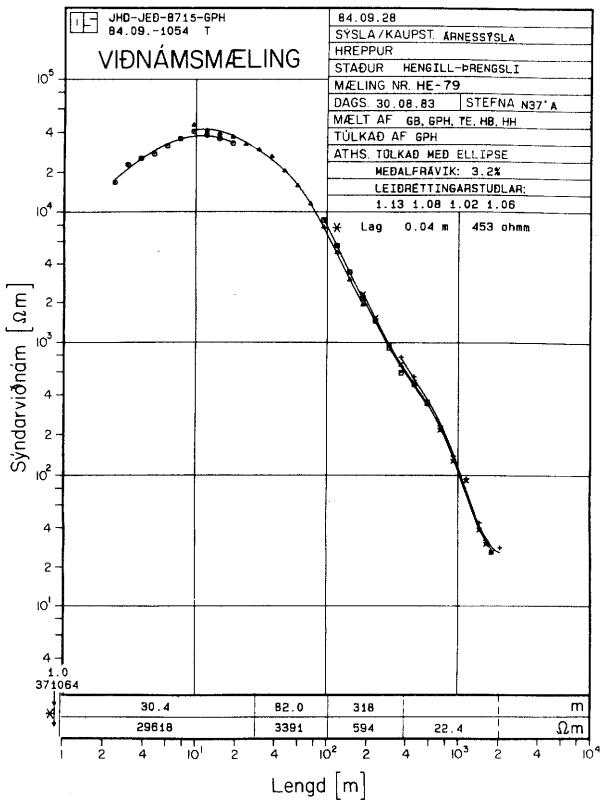


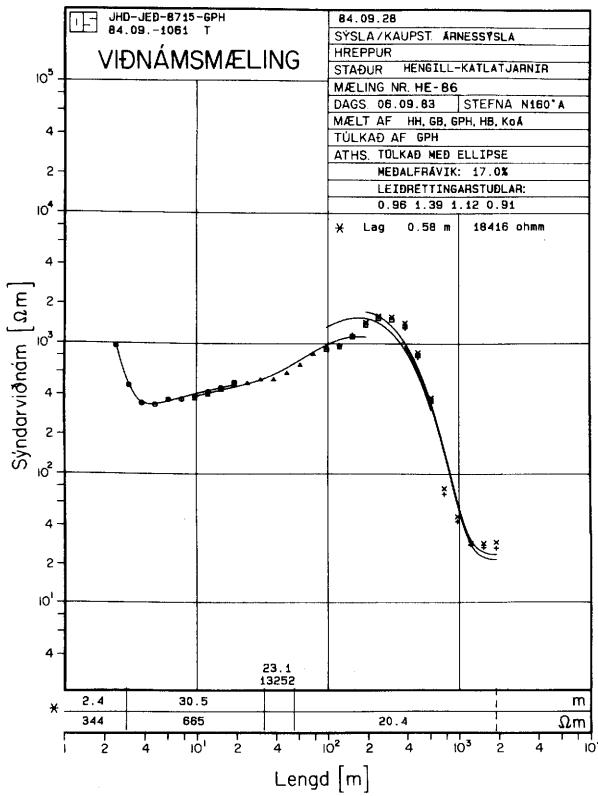
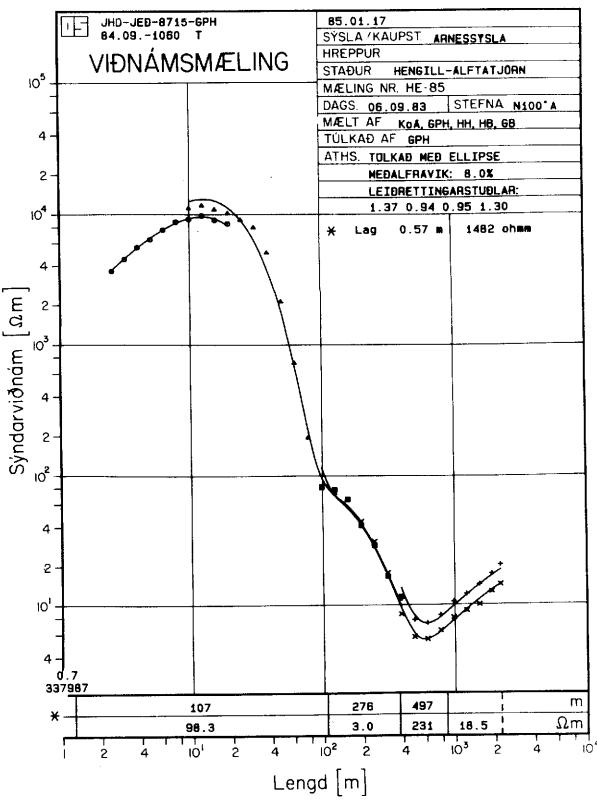
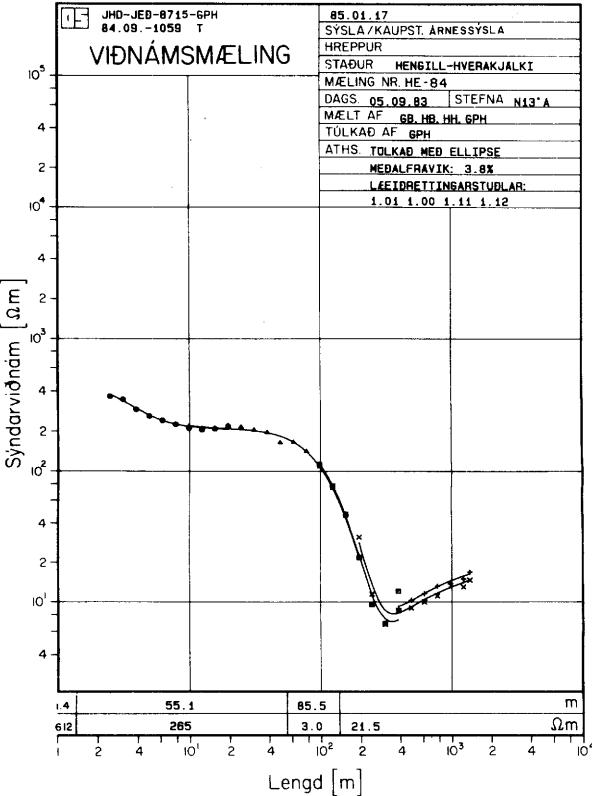
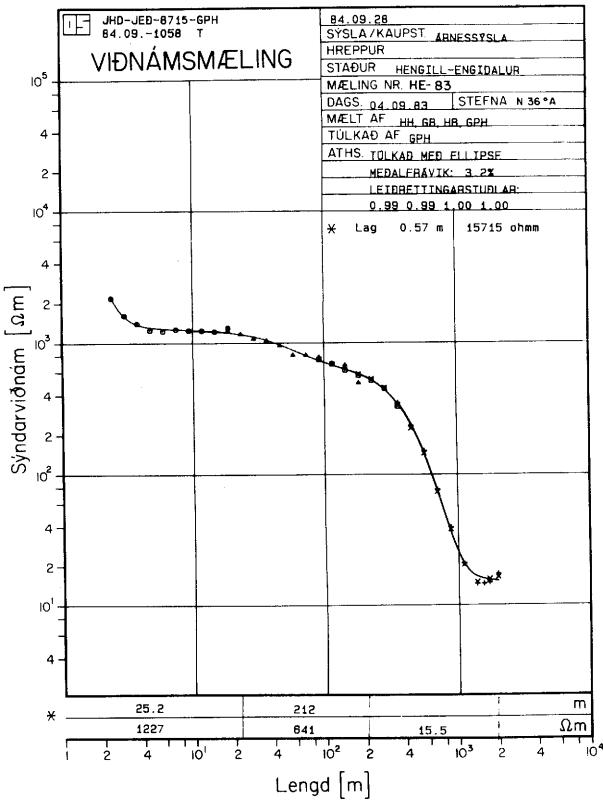


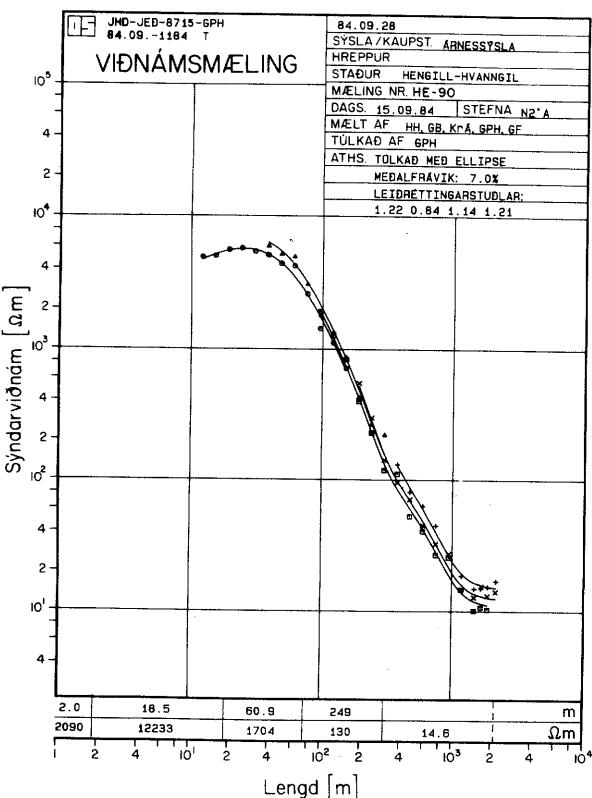
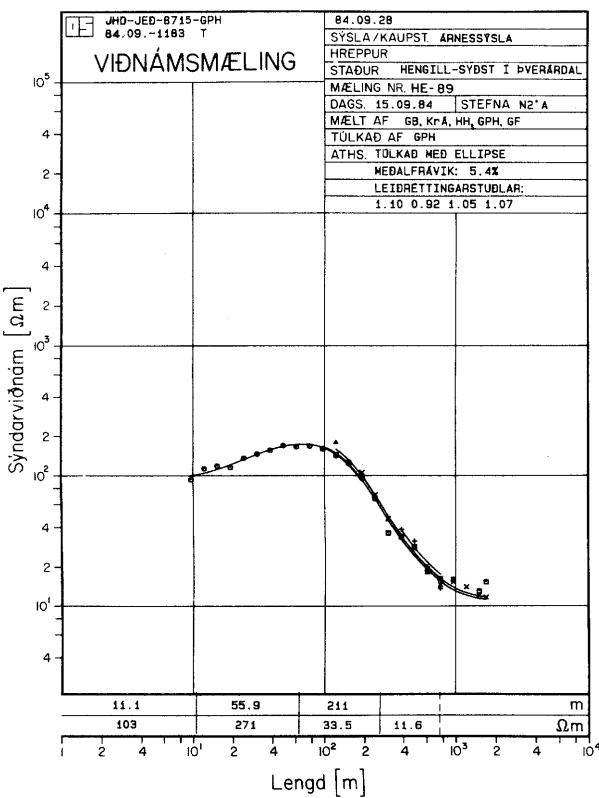
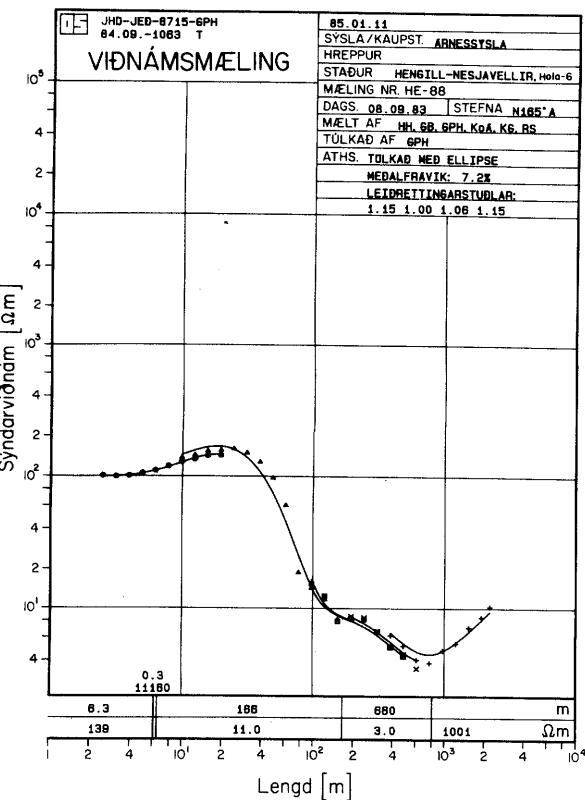
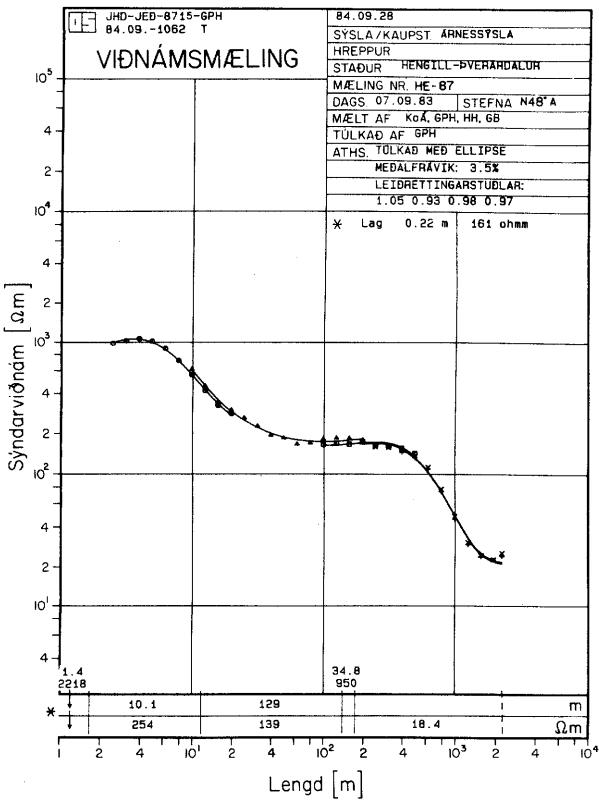


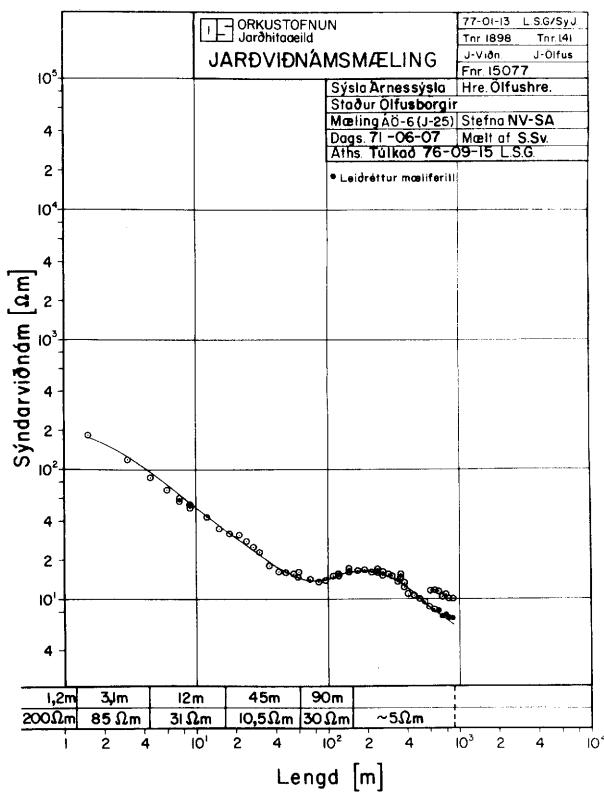
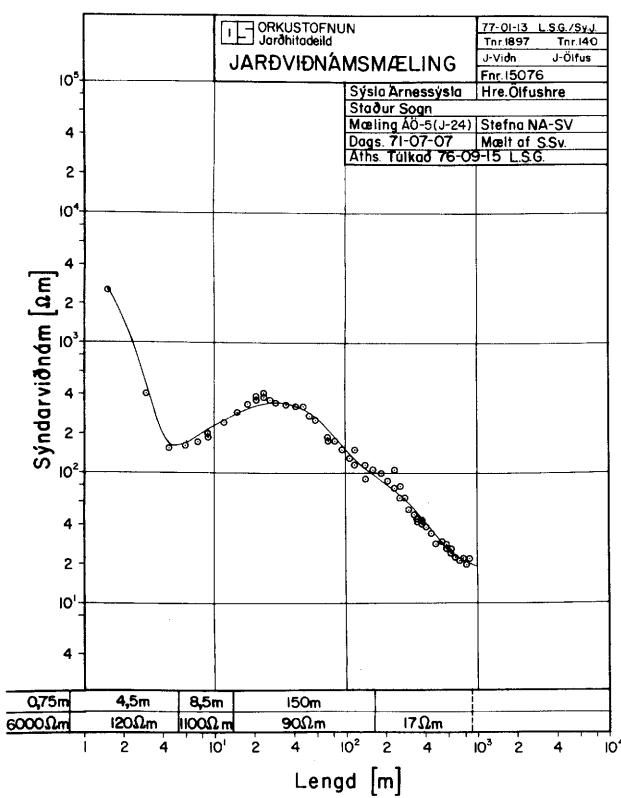
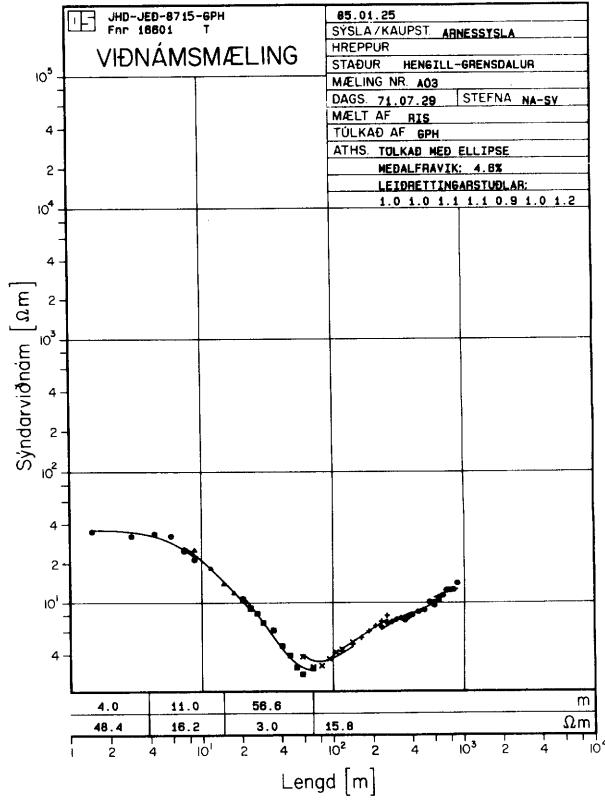
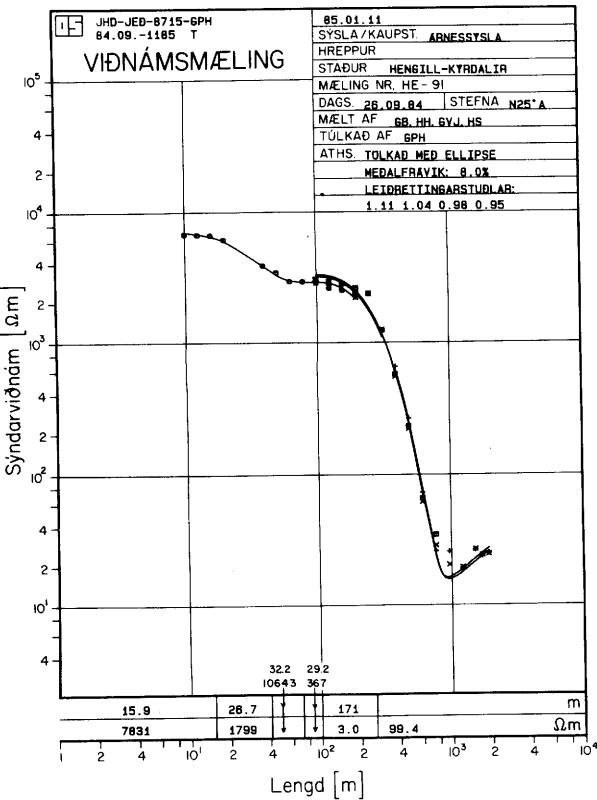


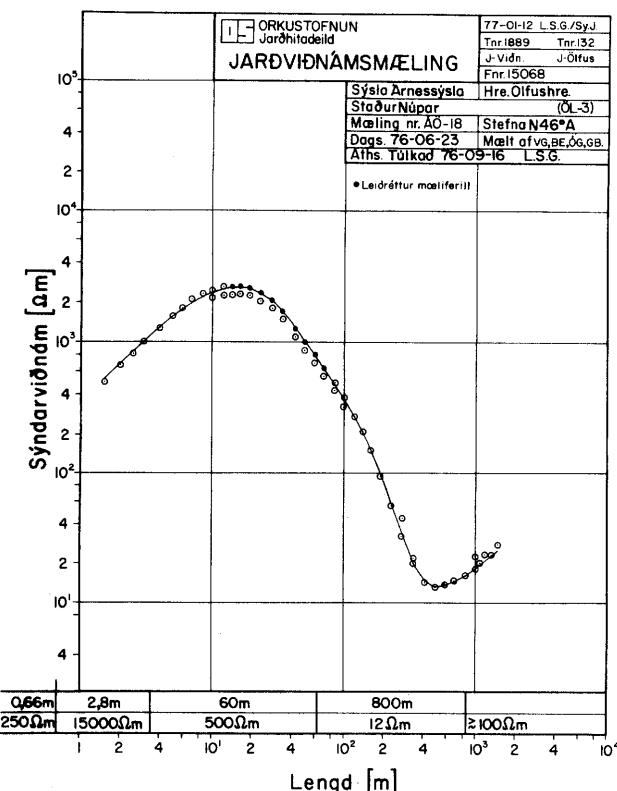
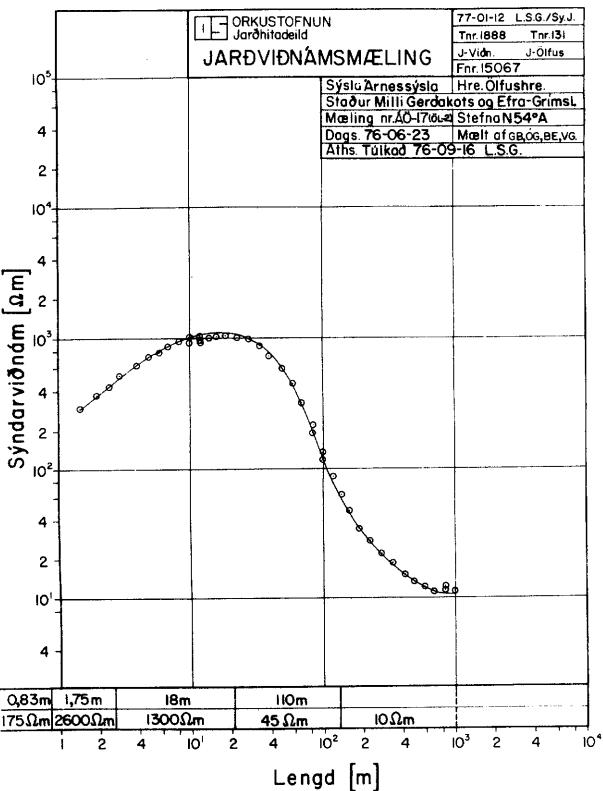
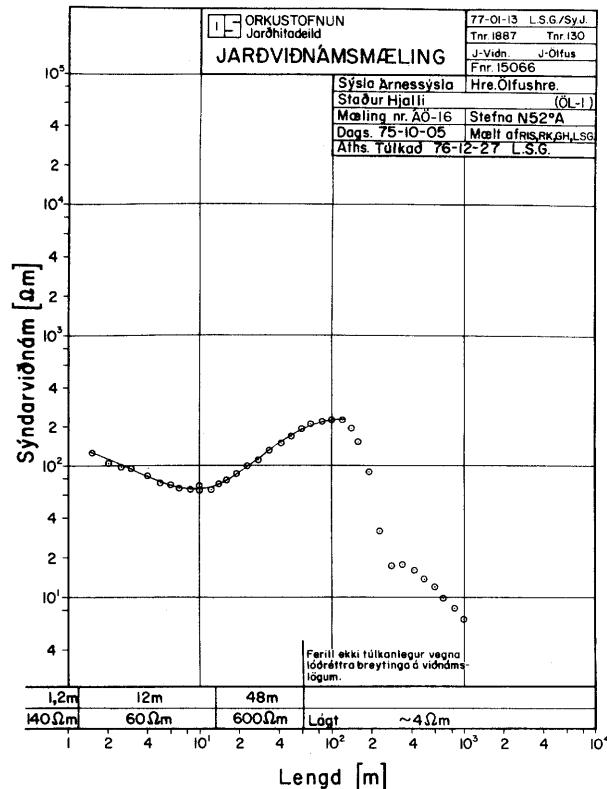
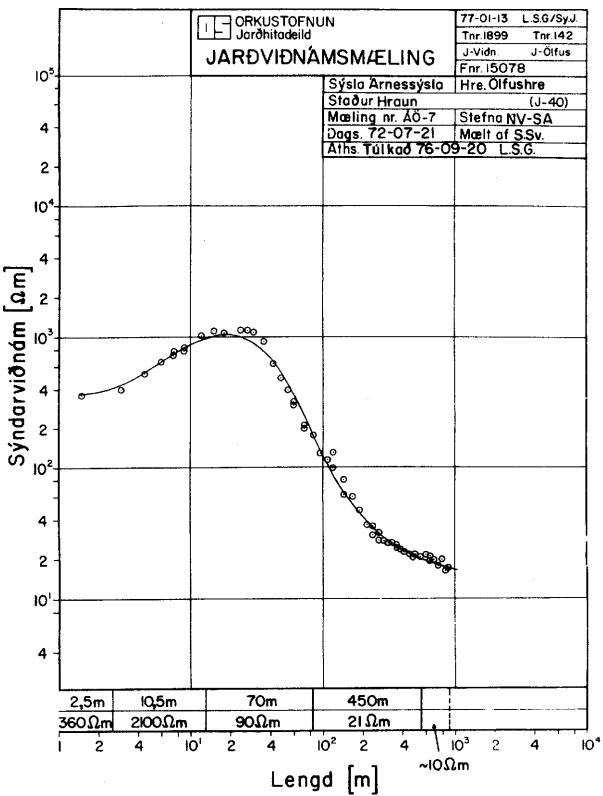


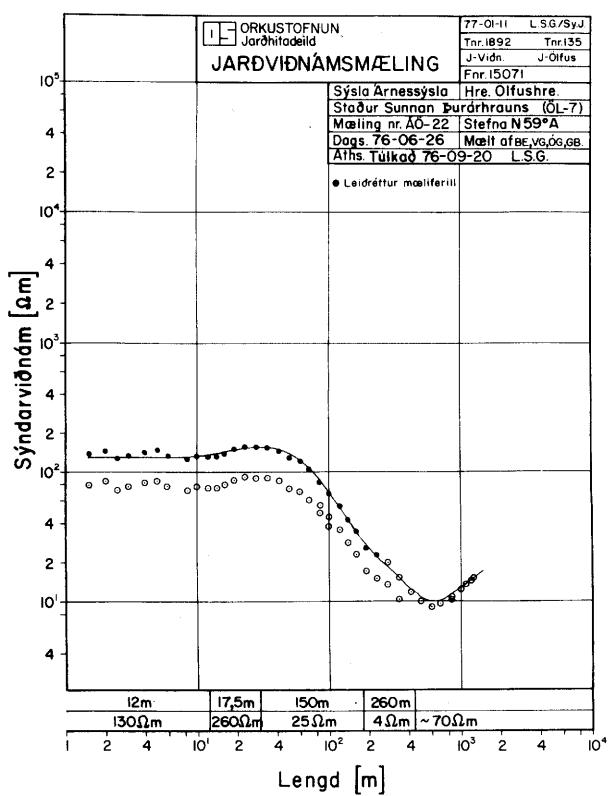
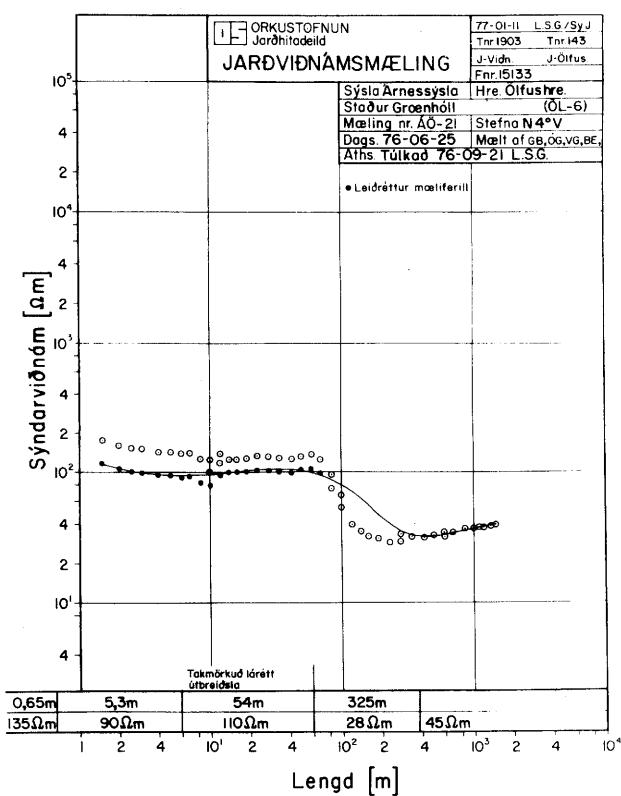
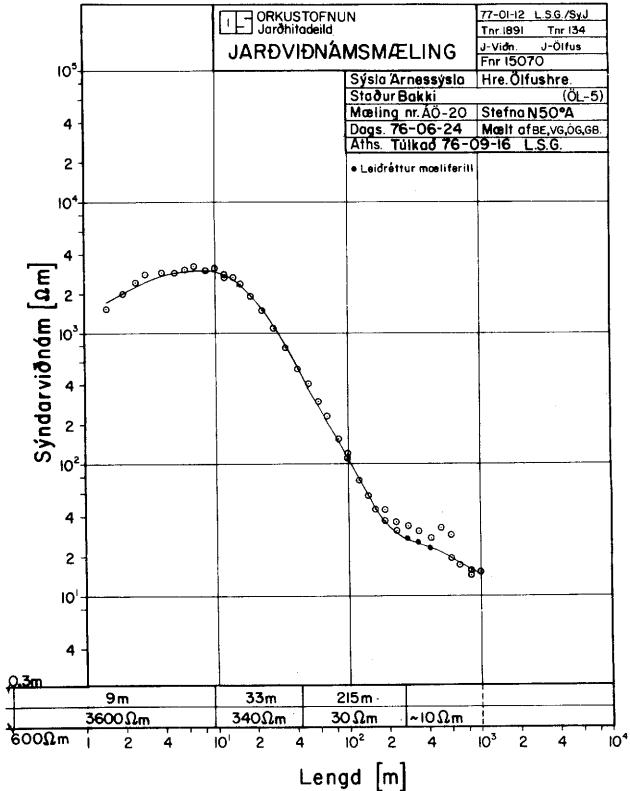
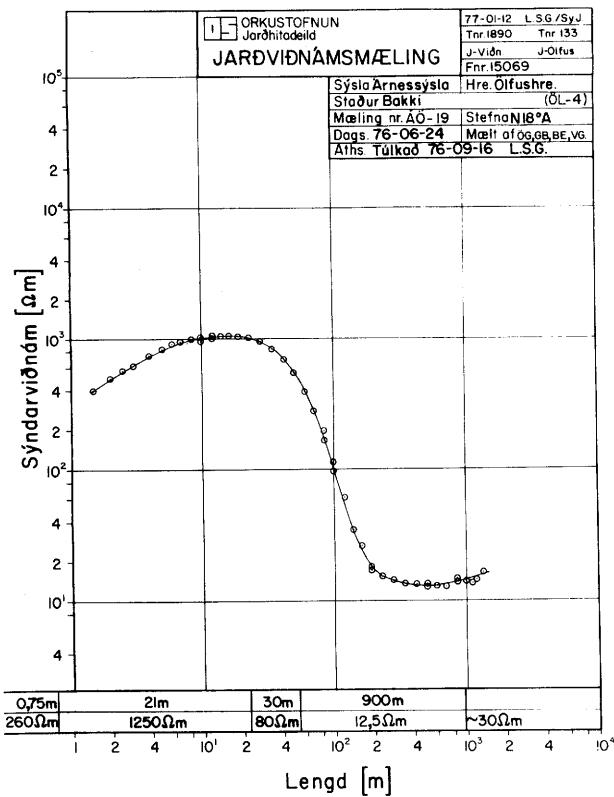


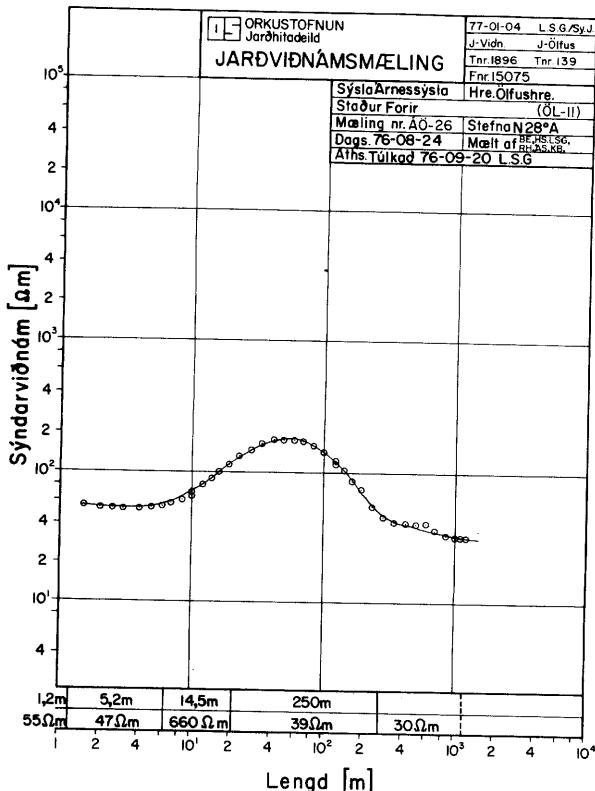
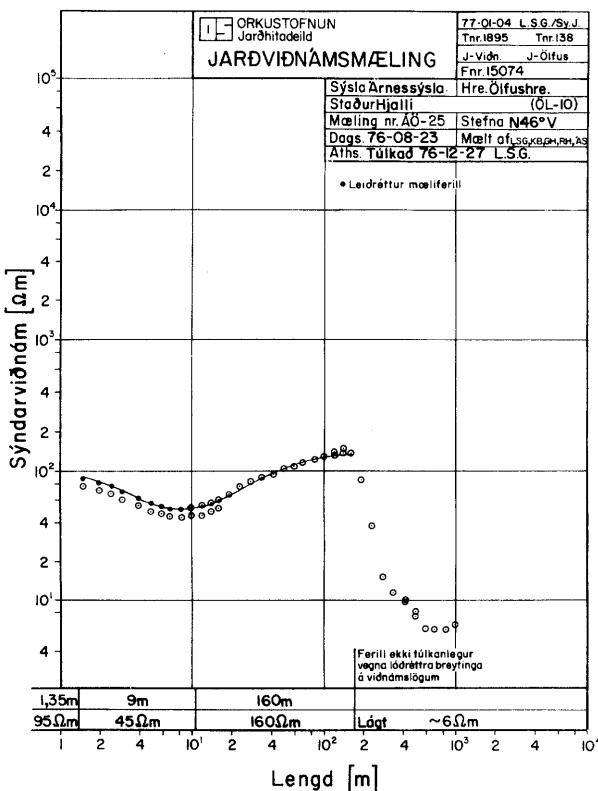
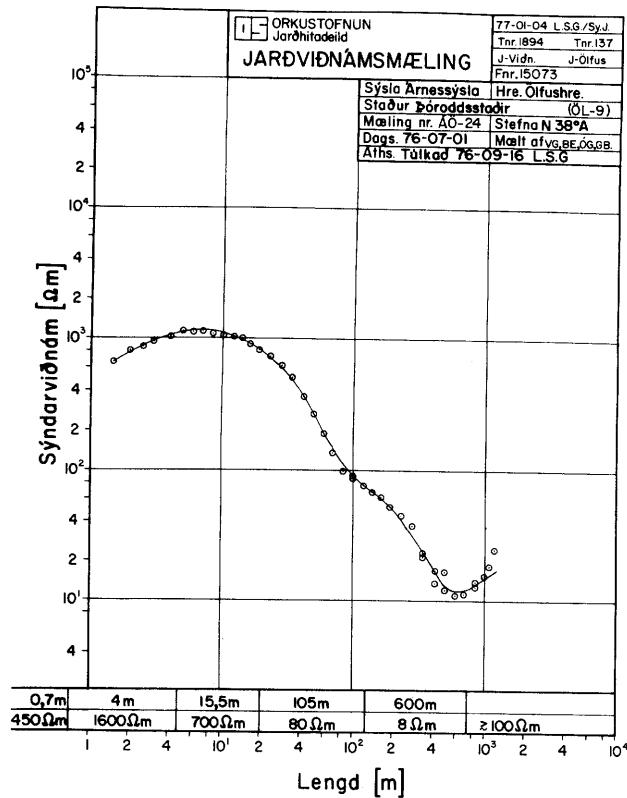
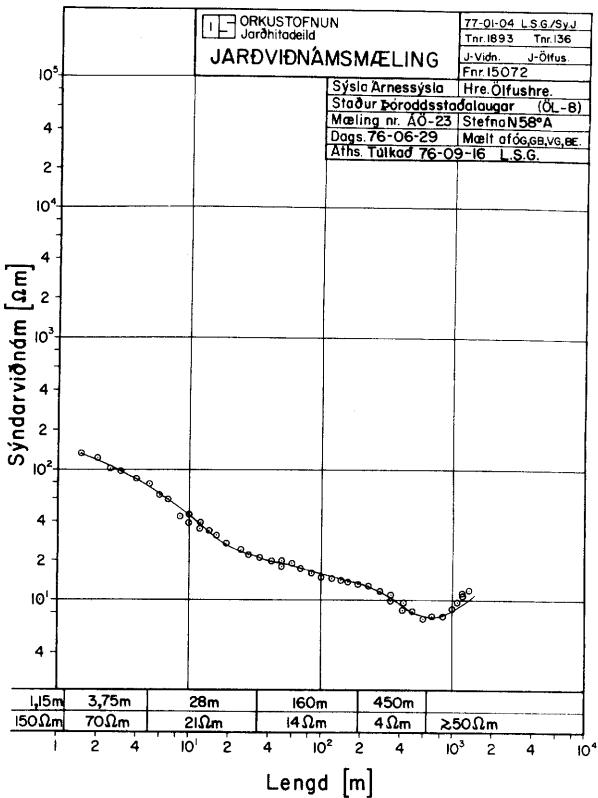


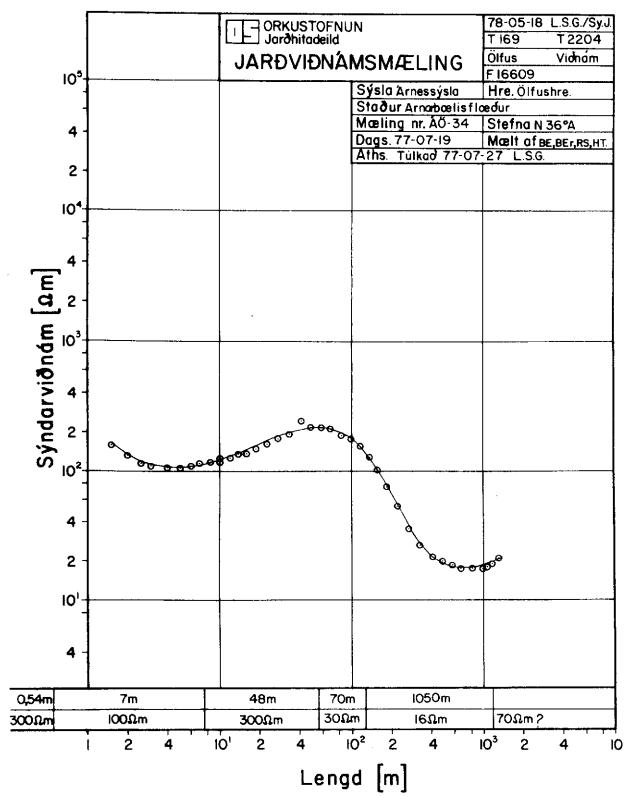
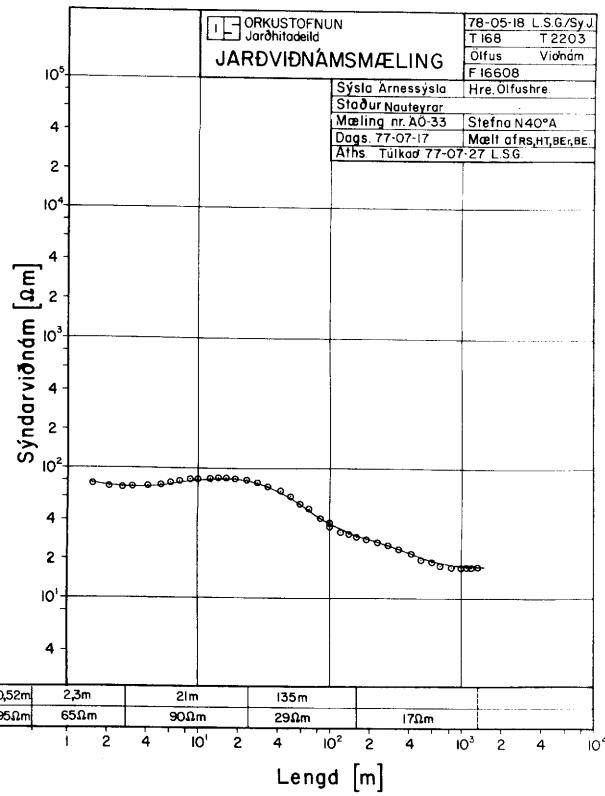
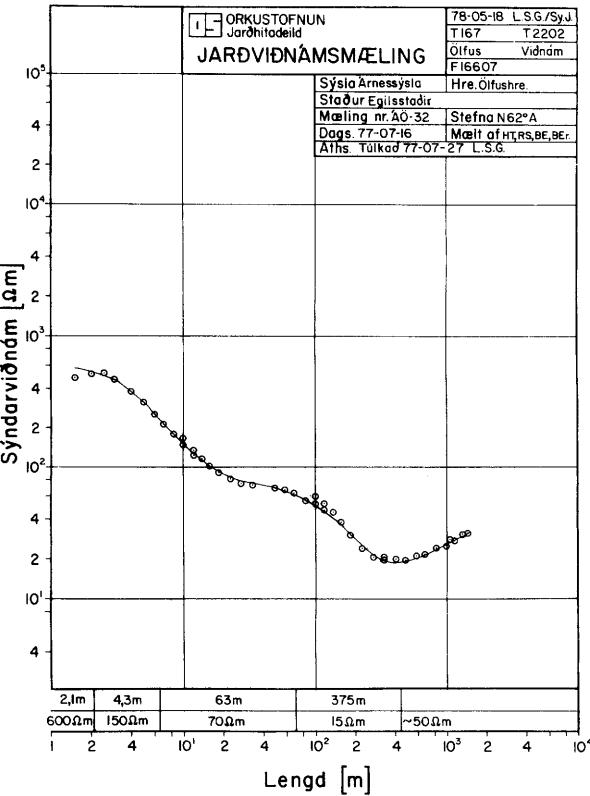
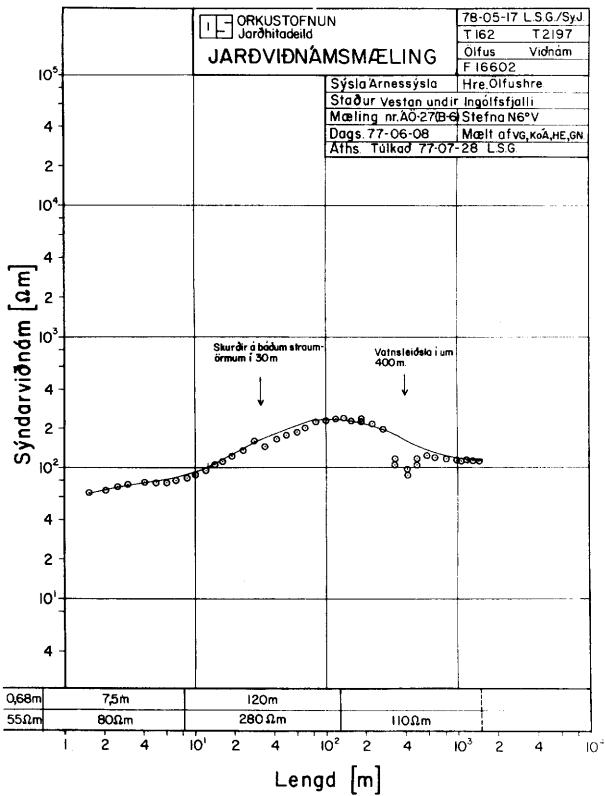


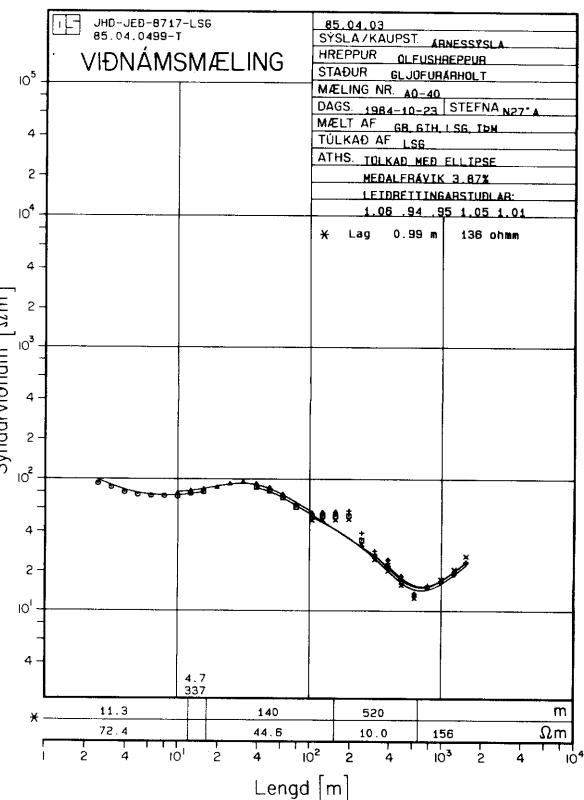
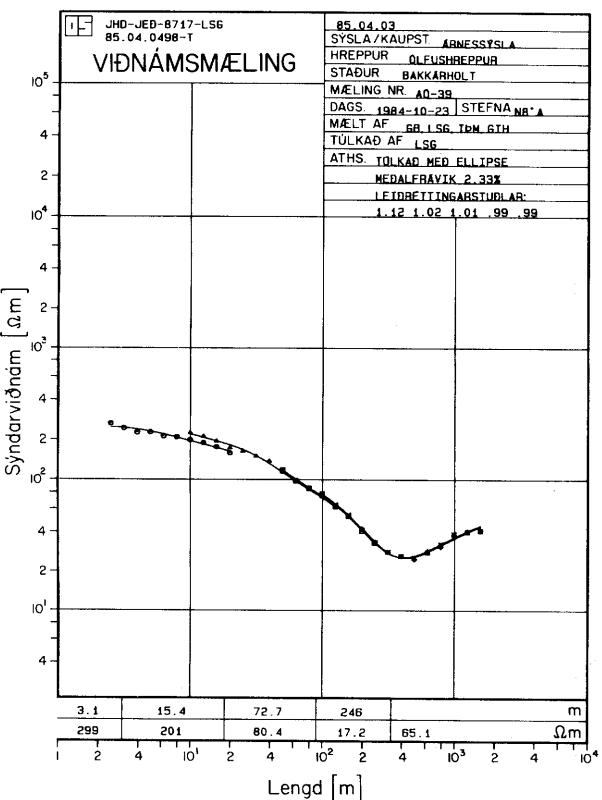
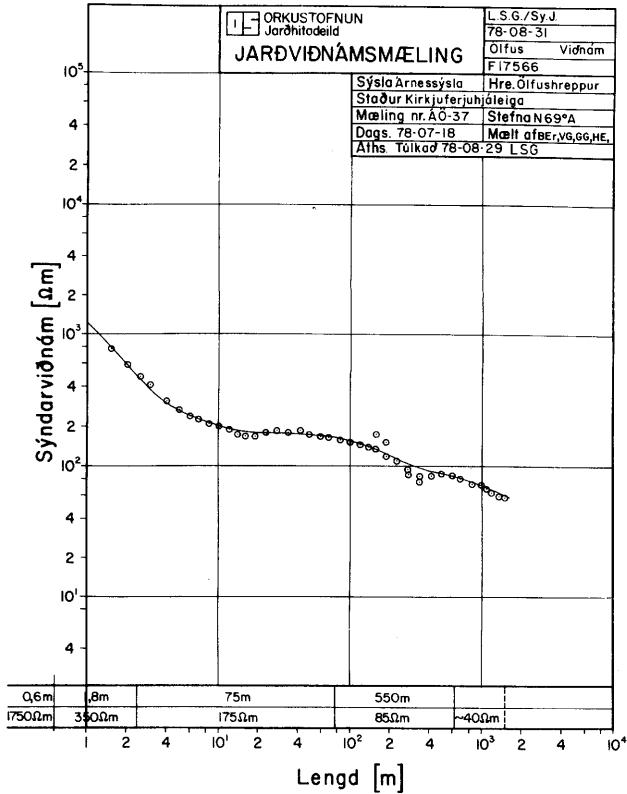
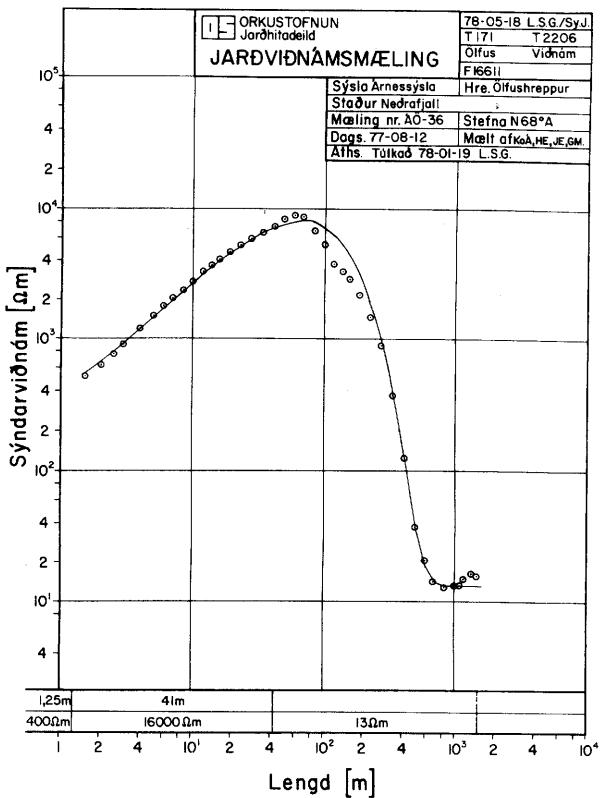




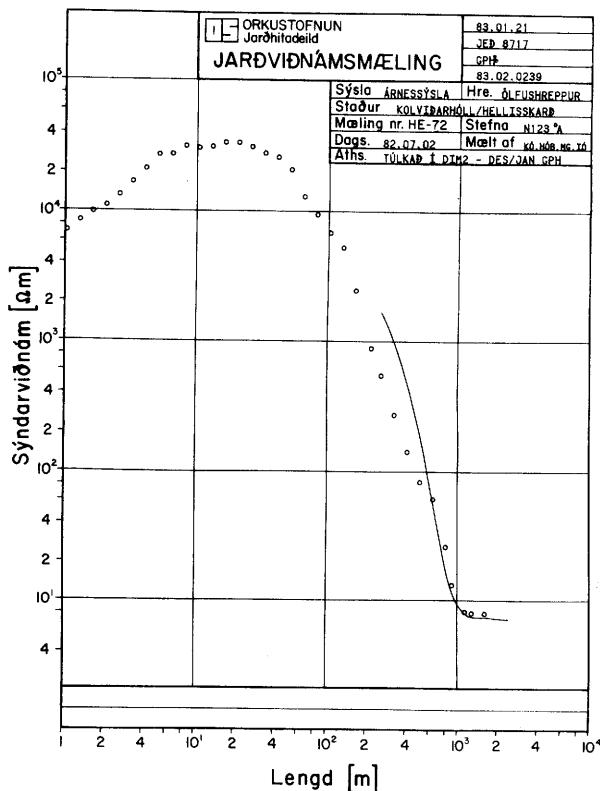
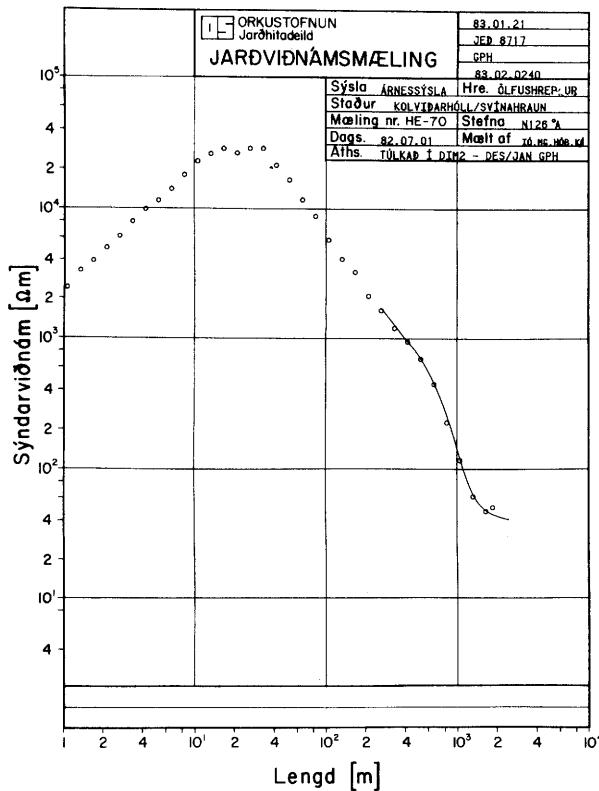
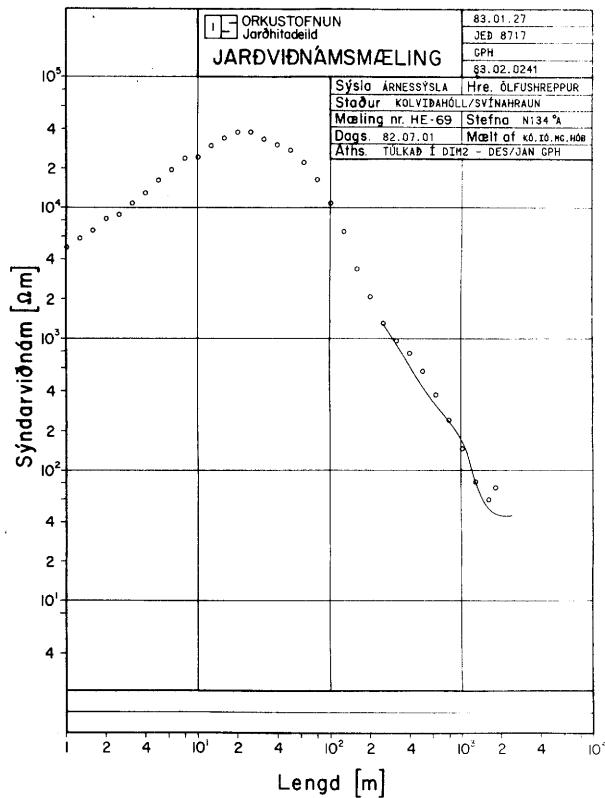
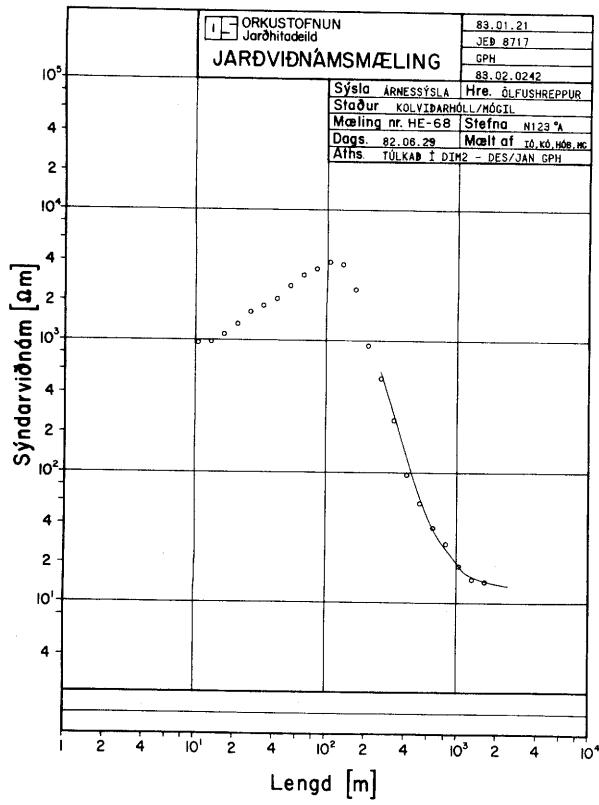


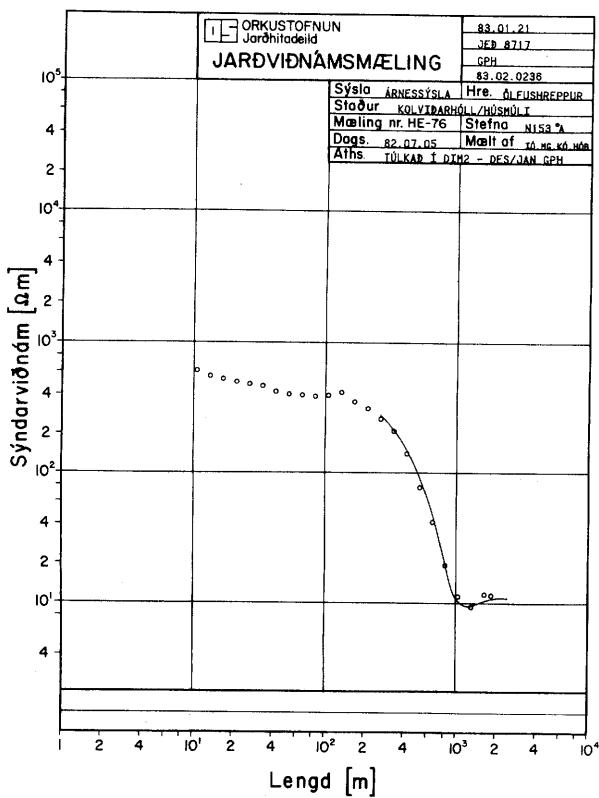
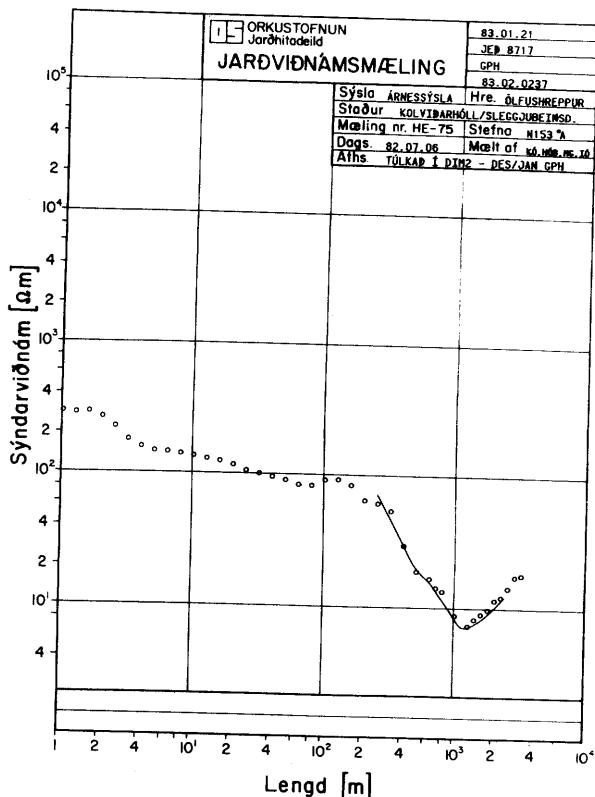
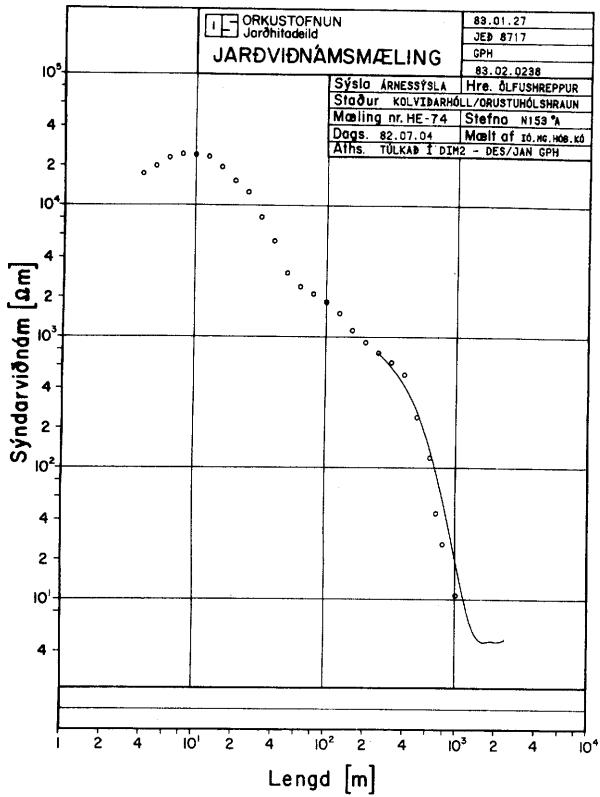




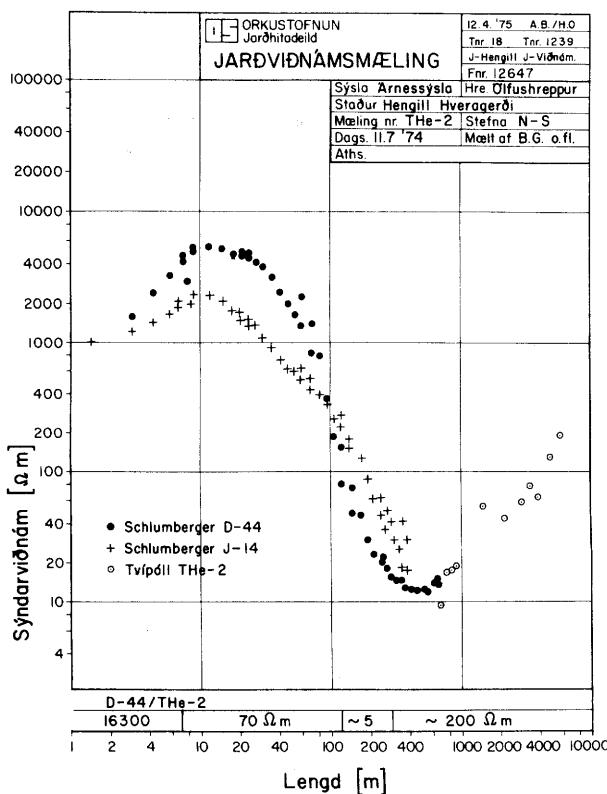
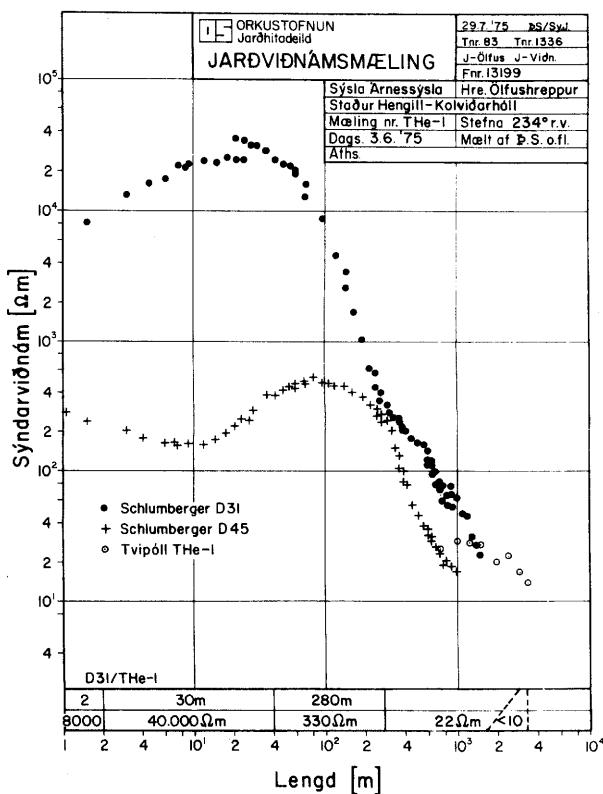
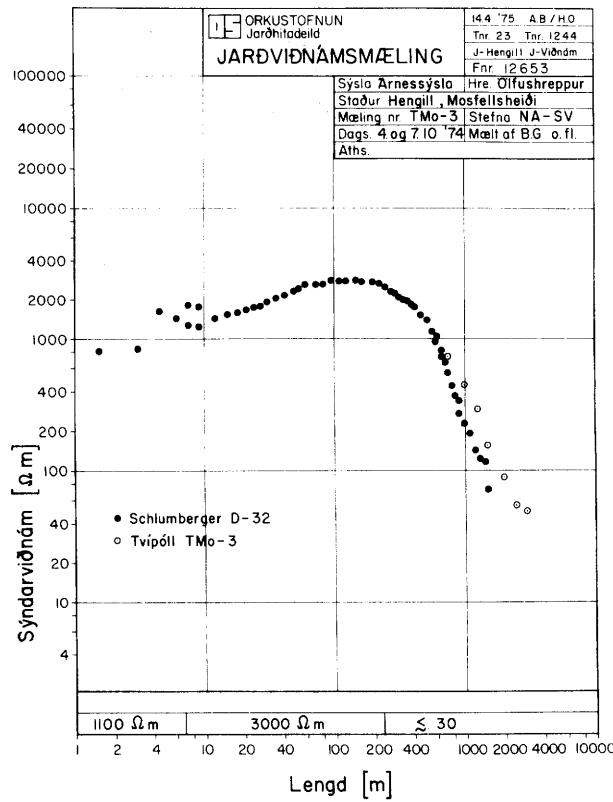
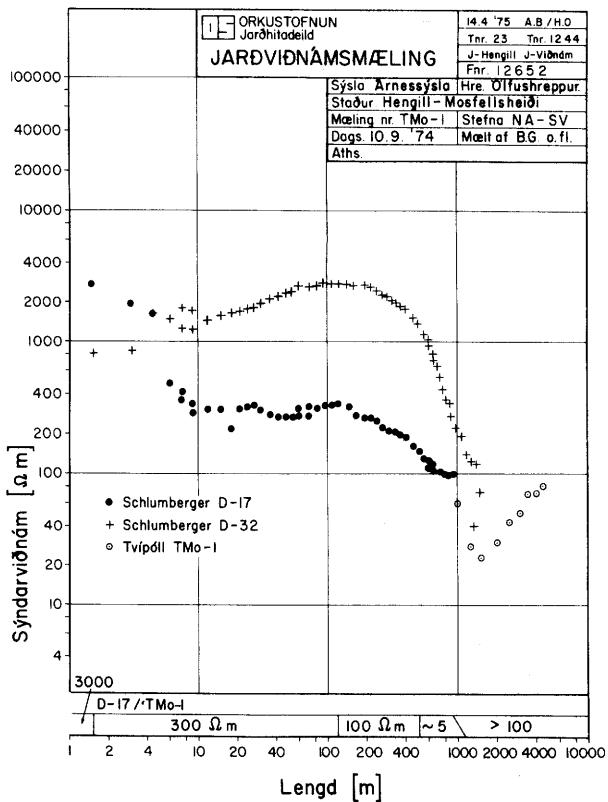


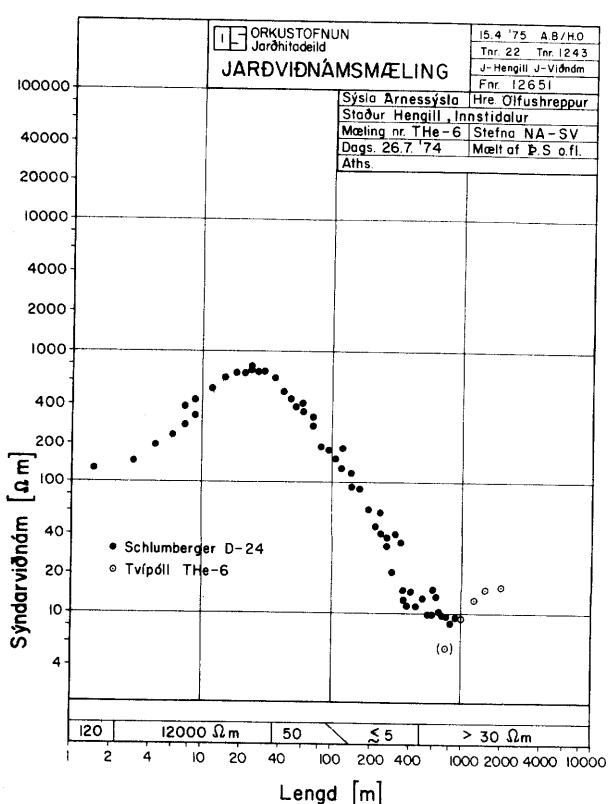
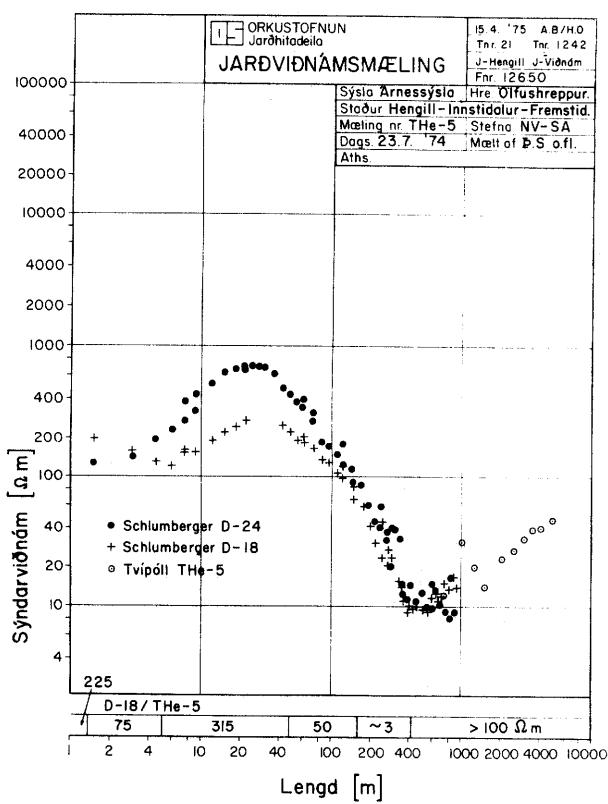
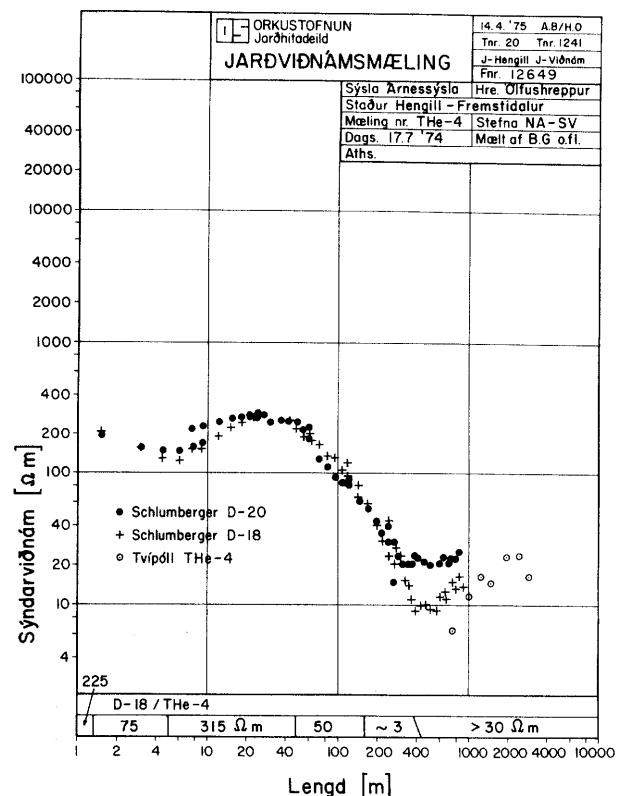
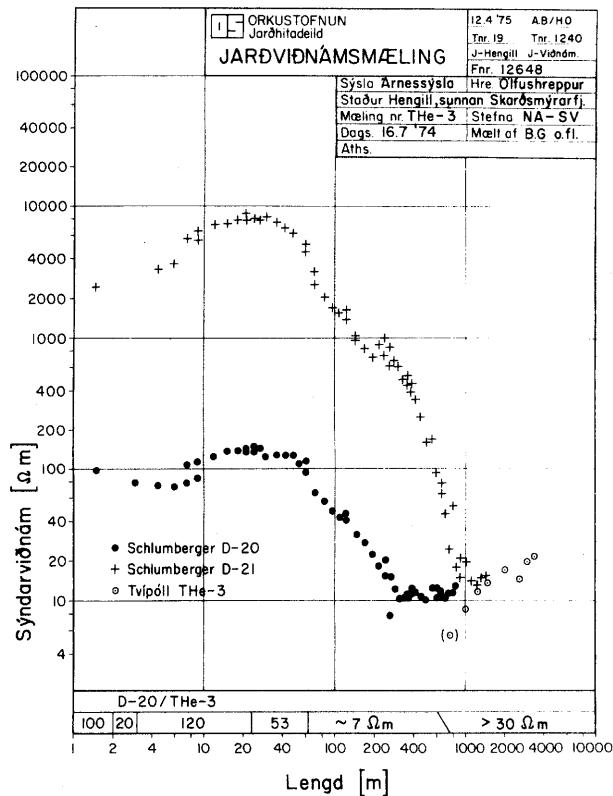
## 4.2 Schlumbergermælingar og tvívíð túlkun þeirra

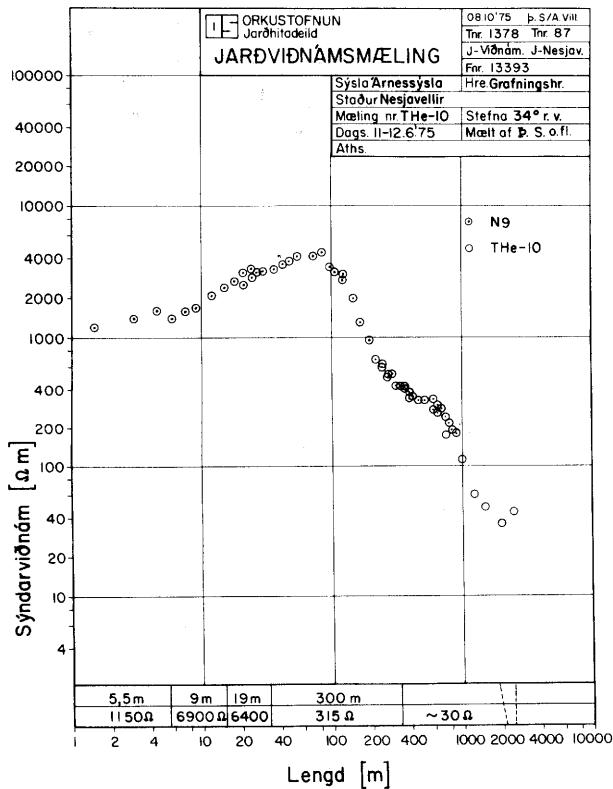
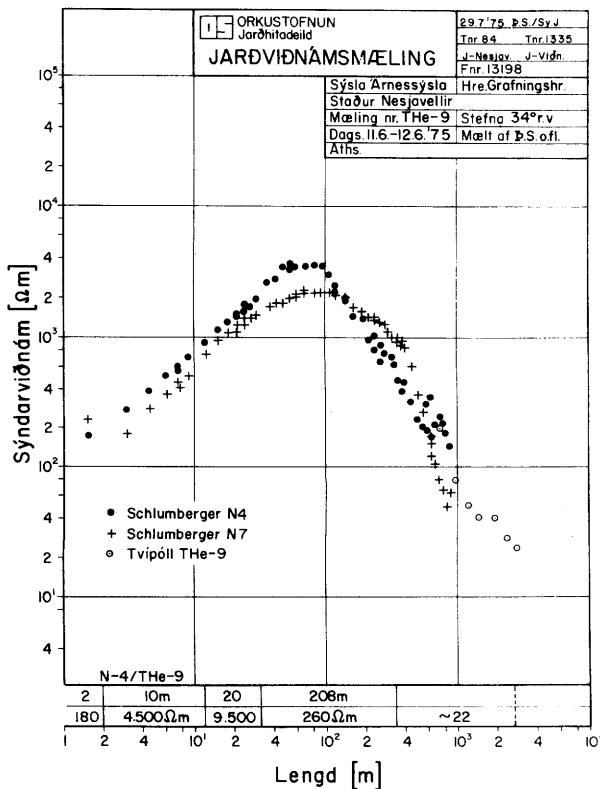
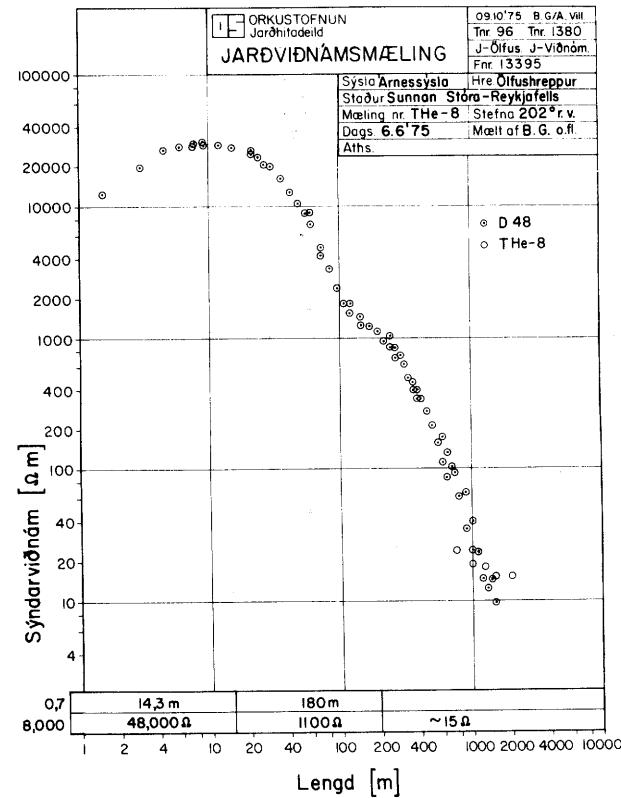
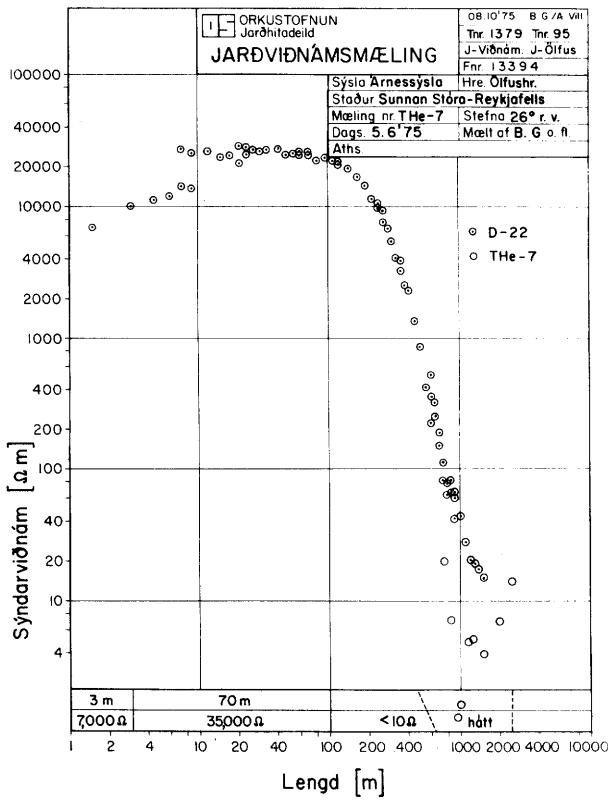


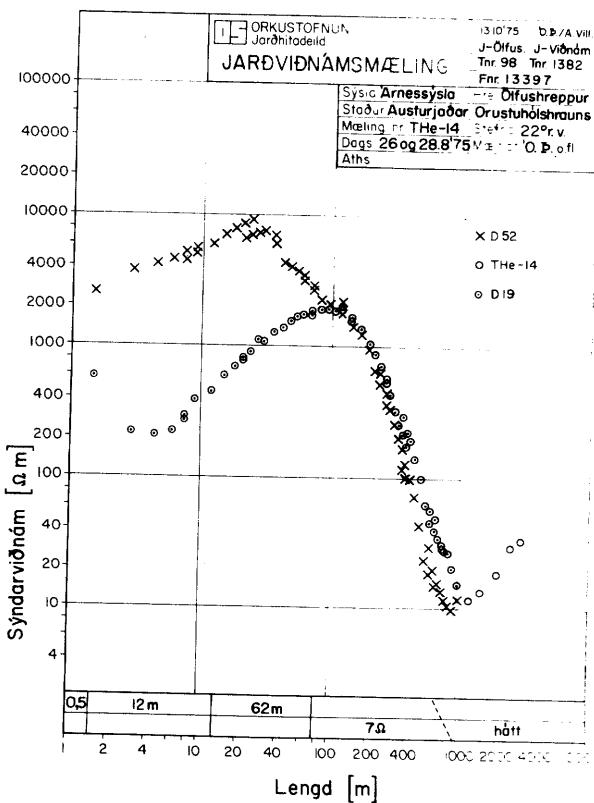
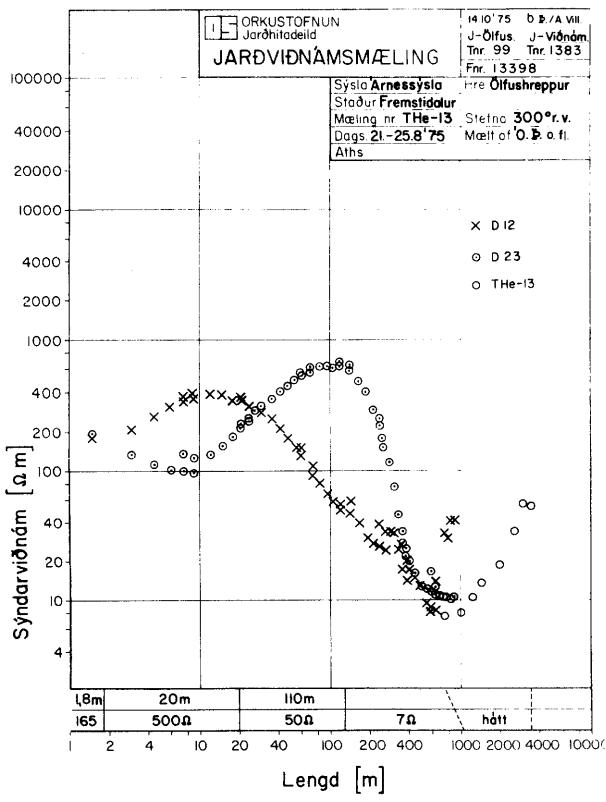
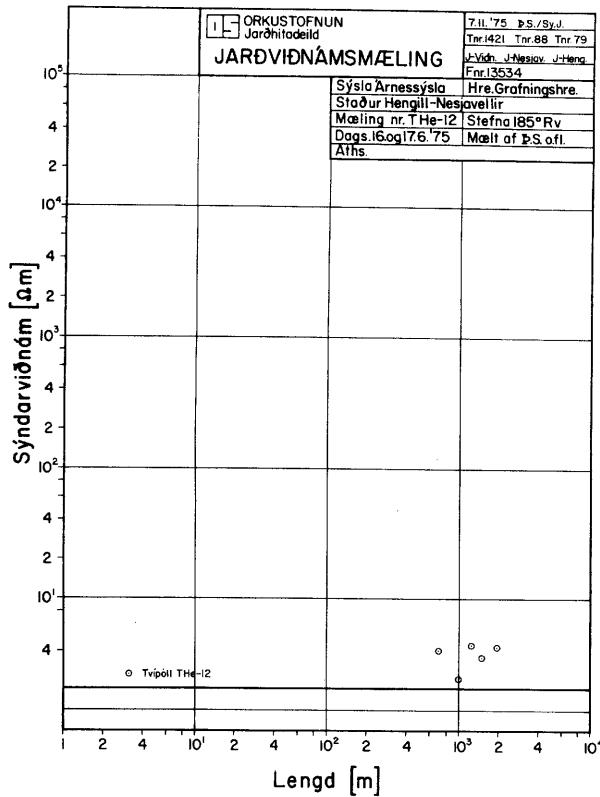
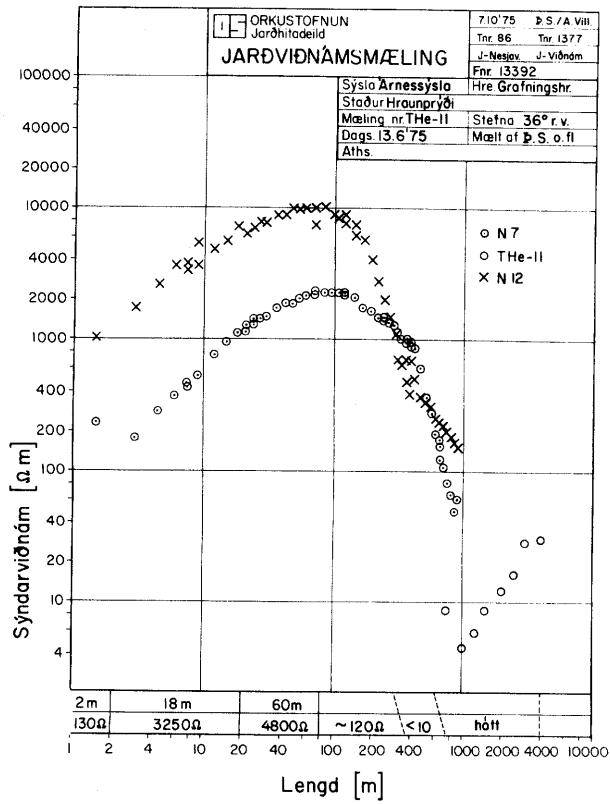


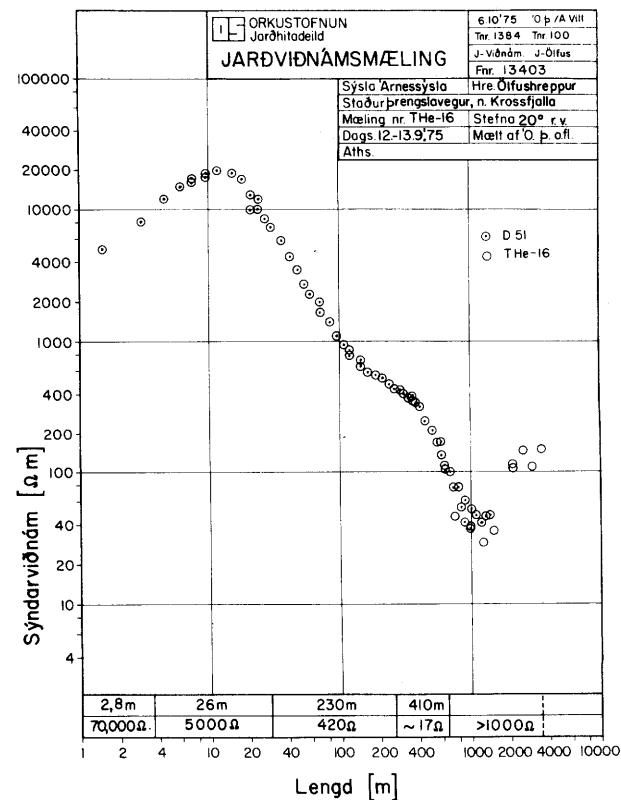
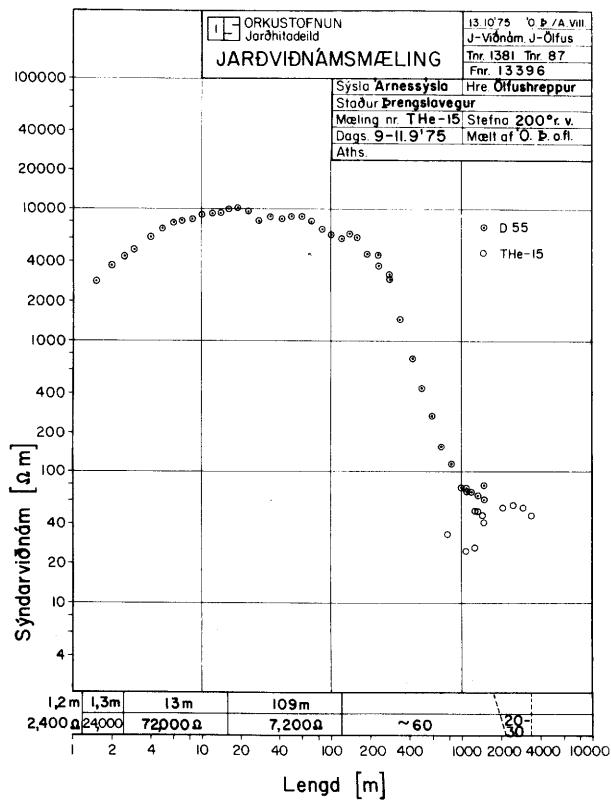
### 4.3 Tvípólsmælingar











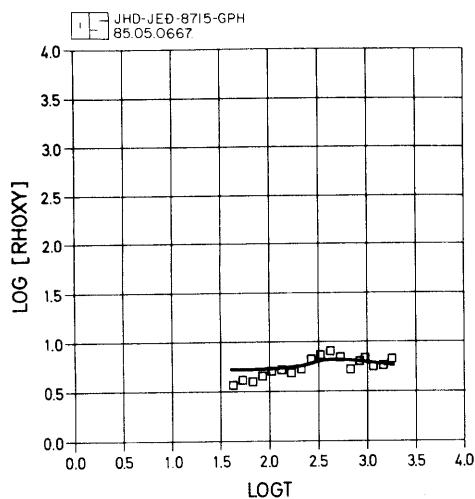
## 4.4 MT-mælingar og einvíð túlkun þeirra

### MT-MÆLING B-1 VIÐ LAMBAFELL

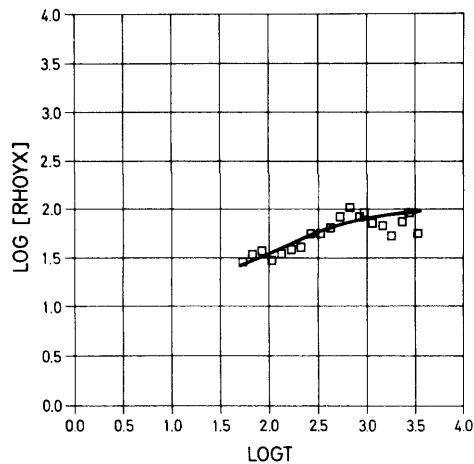
Sýndarviðnám sem fall af sveiflutíma

X-ás er  $10^\circ$  austan við segulnorður

□ 40-3600 sek



$$\begin{array}{ll} \rho_1 = 5,3 \text{ ohmm} & d_1 = 10.000 \text{ m} \\ \rho_2 = 8,0 \text{ ohmm} & d_2 = 20.000 \text{ m} \\ \rho_3 = 2,0 \text{ ohmm} & \end{array}$$



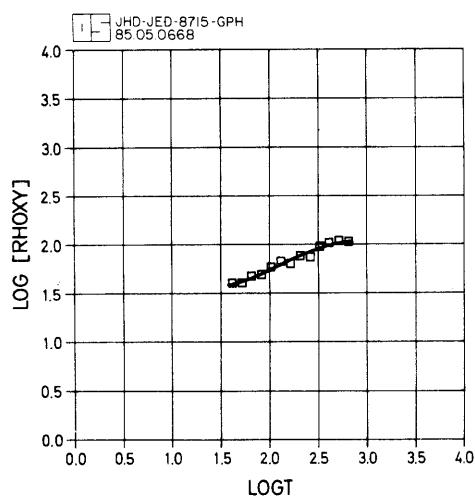
$$\begin{array}{ll} \rho_1 = 11 \text{ ohmm} & d_1 = 4.200 \text{ m} \\ \rho_2 = 190 \text{ ohmm} & d_2 = 2.700 \text{ m} \\ \rho_3 = 130 \text{ ohmm} & \end{array}$$

### MT-MÆLING B-2 VIÐ HÚSMÚLA

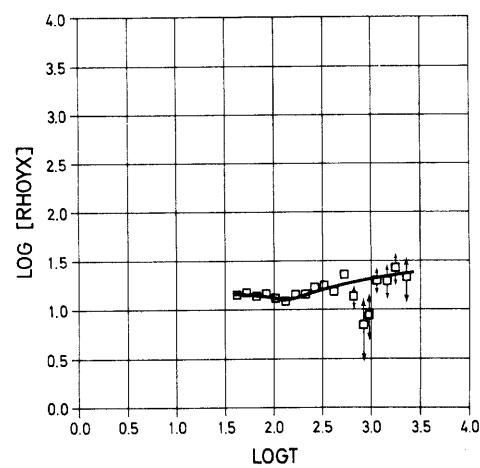
Sýndarviðnám sem fall af sveiflutíma

X-ás er  $35^\circ$  austan við segulnorður

□ 40-3600 sek



$$\begin{array}{ll} \rho_1 = 35 \text{ ohmm} & d_1 = 13.000 \text{ m} \\ \rho_2 = 600 \text{ ohmm} & d_2 = 5.000 \text{ m} \\ \rho_3 = 200 \text{ ohmm} & \end{array}$$



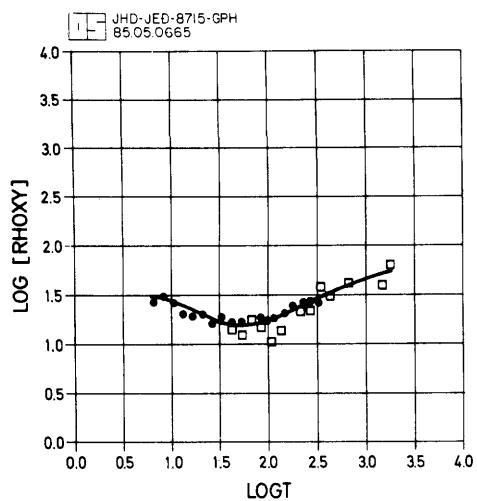
$$\begin{array}{ll} \rho_1 = 15 \text{ ohmm} & d_1 = 16.000 \text{ m} \\ \rho_2 = 6 \text{ ohmm} & d_2 = 2.500 \text{ m} \\ \rho_3 = 43 \text{ ohmm} & \end{array}$$

### MT-MÆLING B-3 VIÐ GRÍMMANNSFELL

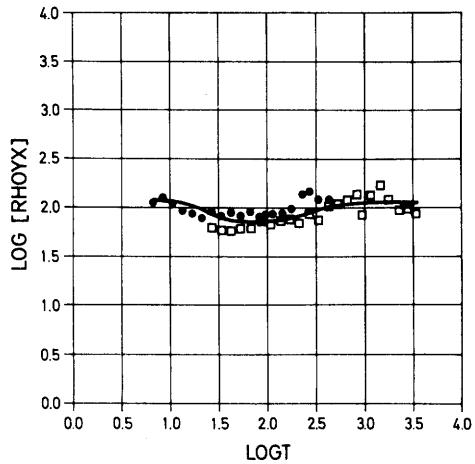
Sýndarviðnám sem fall af sveiflutíma

X-ás er  $45^\circ$  austan við segulnorður

$\square$  40-3600 sek     • 2-500 sek



$$\begin{aligned}\rho_1 &= 27 \text{ ohmm} & d_1 &= 7.000 \text{ m} \\ \rho_2 &= 6,5 \text{ ohmm} & d_2 &= 4.000 \text{ m} \\ \rho_3 &= 120 \text{ ohmm}\end{aligned}$$



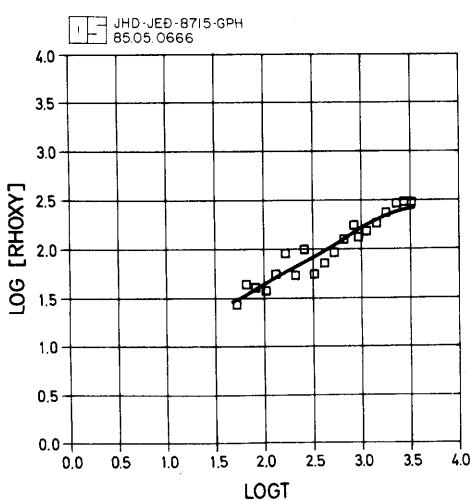
$$\begin{aligned}\rho_1 &= 110 \text{ ohmm} & d_1 &= 18.000 \text{ m} \\ \rho_2 &= 9 \text{ ohmm} & d_2 &= 3.000 \text{ m} \\ \rho_3 &= 1.000 \text{ ohmm} & d_3 &= 43.000 \text{ m} \\ \rho_4 &= 110 \text{ ohmm}\end{aligned}$$

### MT-MÆLING B-4 Á HOFMANNAFLÖT

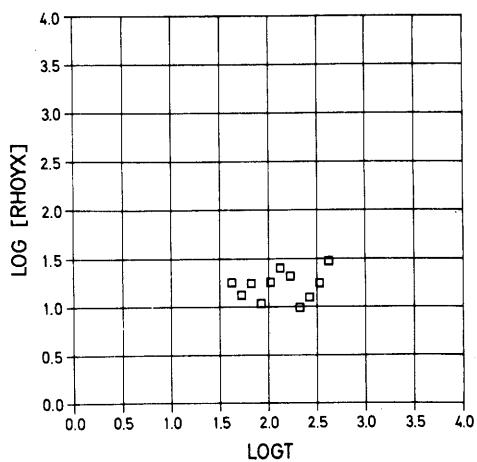
Sýndarviðnám sem fall af sveiflutíma

X-ás er  $45^\circ$  austan við segulnorður

$\square$  40-3600 sek

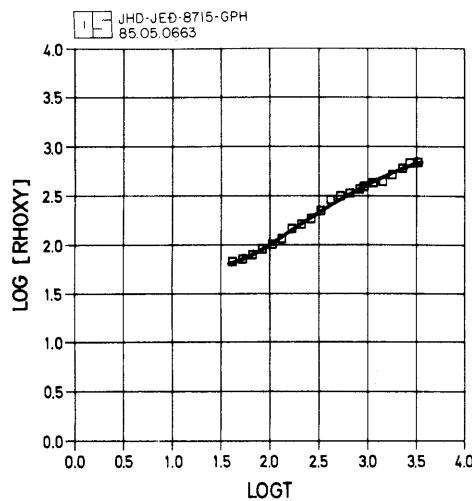


$$\begin{aligned}\rho_1 &= 26 \text{ ohmm} & d_1 &= 12.000 \text{ m} \\ \rho_2 &= 560 \text{ ohmm}\end{aligned}$$

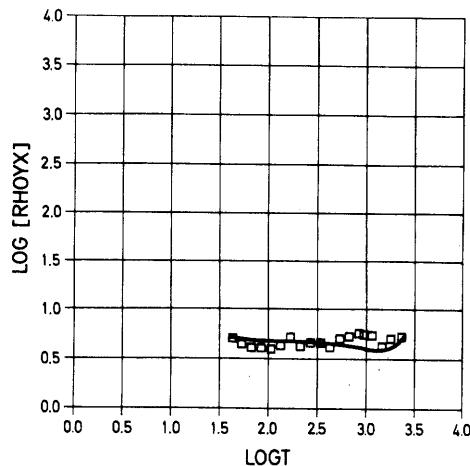


### MT-MÆLING B-5 Í INNSTADAL

Sýndarviðnám sem fall af sveiflutíma  
 X-ás er  $60^\circ$  austan við segulnorður  
 □ 40-3600 sek



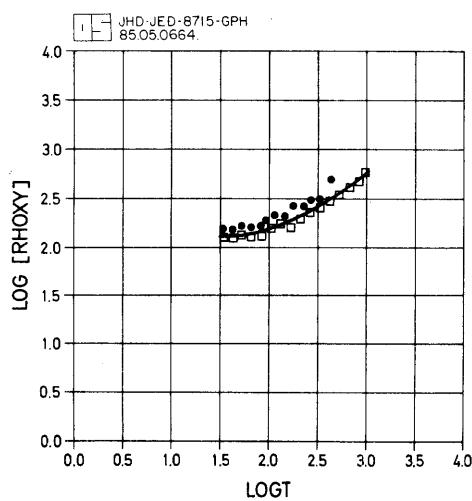
$$\begin{aligned}\rho_1 &= 75 \text{ ohmm} & d_1 &= 25.000 \text{ m} \\ \rho_2 &= 1.700 \text{ ohmm} & \end{aligned}$$



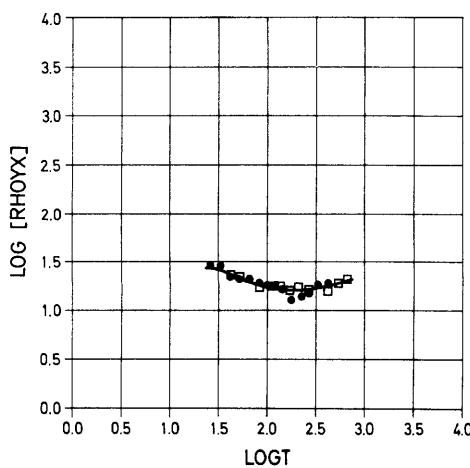
$$\begin{aligned}\rho_1 &= 40 \text{ ohmm} & d_1 &= 3.500 \text{ m} \\ \rho_2 &= 1 \text{ ohmm} & d_2 &= 1.000 \text{ m} \\ \rho_3 &= 7 \text{ ohmm} & \end{aligned}$$

### MT-MÆLING B-6 VIÐ INGÓLFSFJALL

Sýndarviðnám sem fall af sveiflutíma  
 X-ás er í segulnorður  
 □ 40-3600 sek     • 2-500 sek



$$\begin{aligned}\rho_1 &= 165 \text{ ohmm} & d_1 &= 50.000 \text{ m} \\ \rho_2 &= 2.000 \text{ ohmm} & \end{aligned}$$



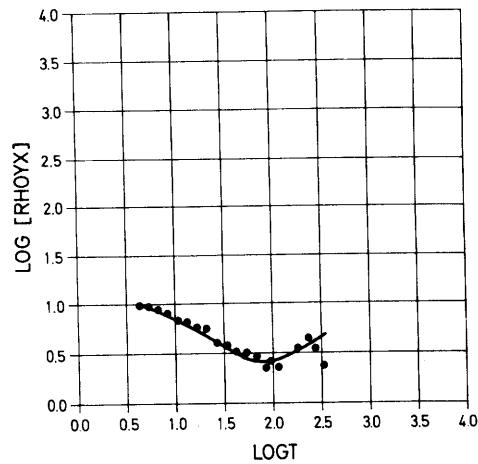
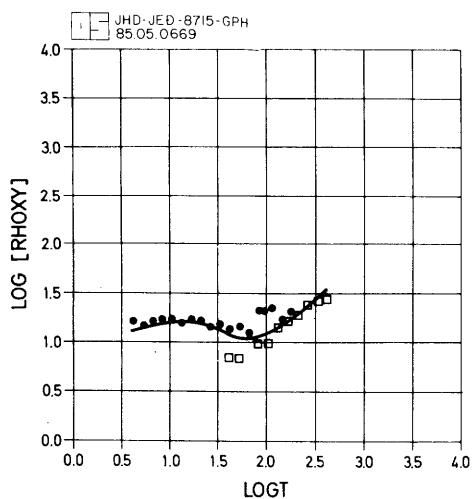
$$\begin{aligned}\rho_1 &= 80 \text{ ohmm} & d_1 &= 5.500 \text{ m} \\ \rho_2 &= 11 \text{ ohmm} & d_2 &= 15.500 \text{ m} \\ \rho_3 &= 40 \text{ ohmm} & \end{aligned}$$

MT-MÆLING B-7 Á NESJAVÖLLUM

Sýndarviðnám sem fall af sveiflutíma

X-ás er  $50^\circ$  austan við segulnorður

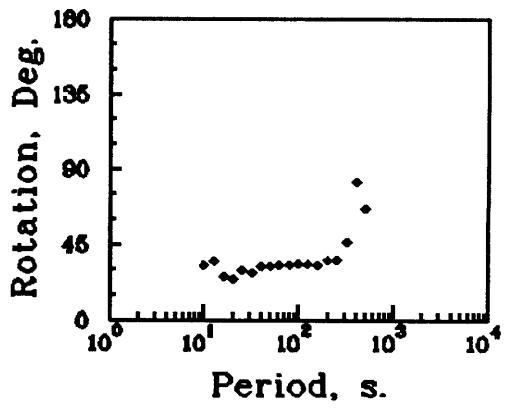
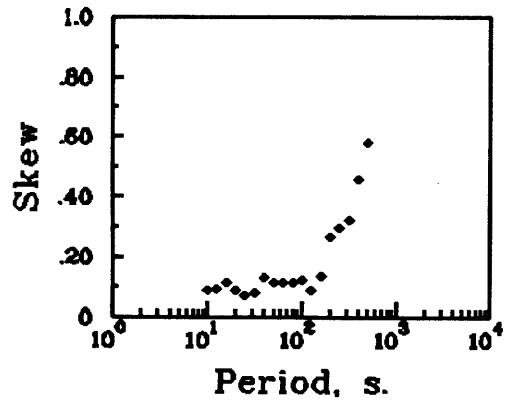
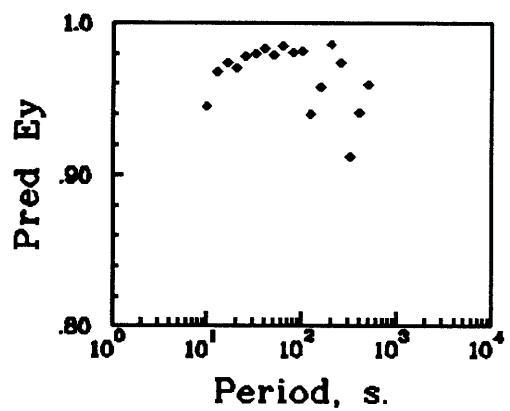
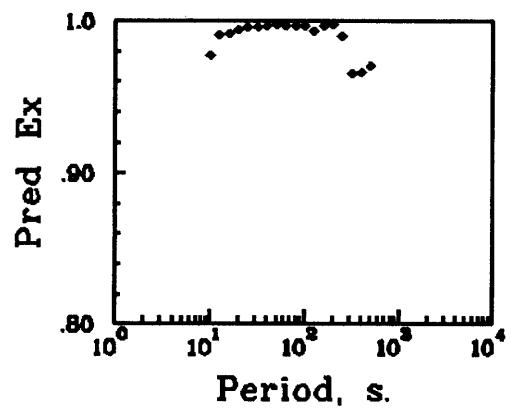
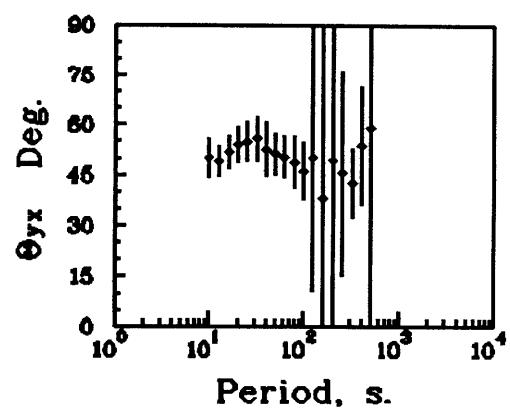
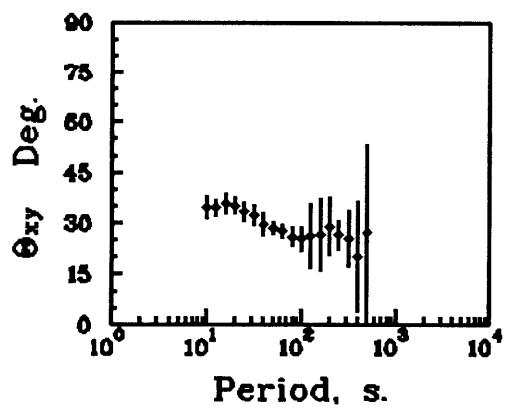
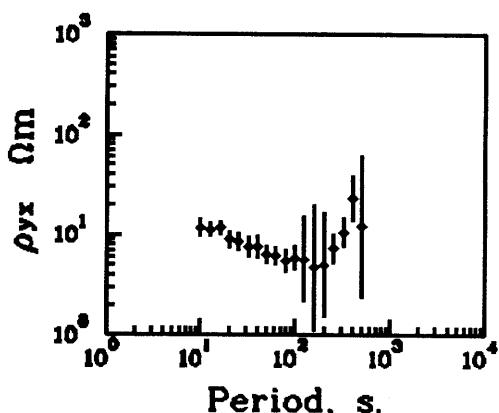
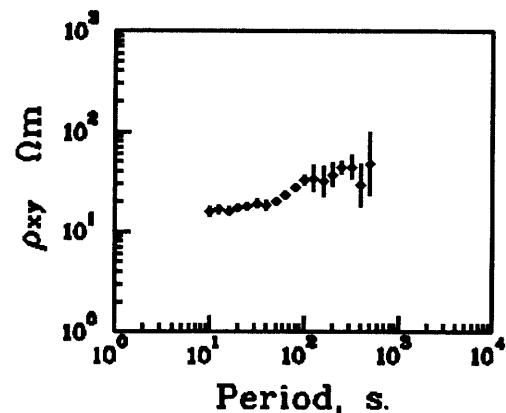
□ 40-3600 sek     • 2-500 sek



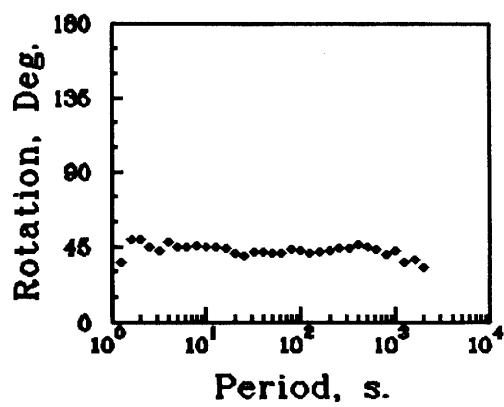
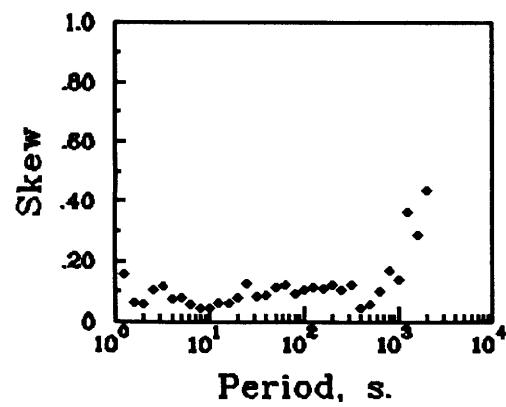
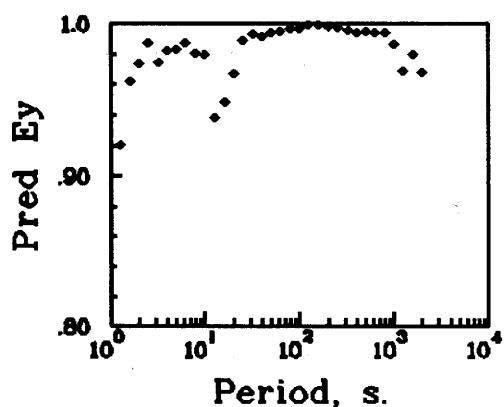
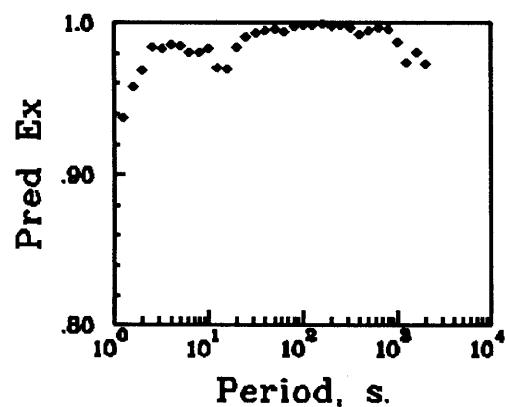
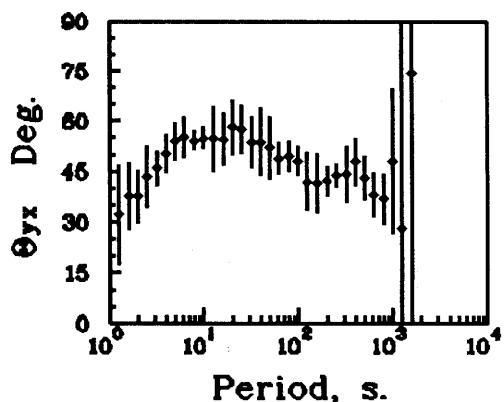
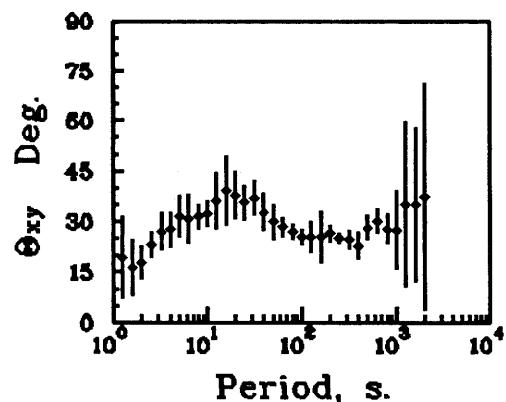
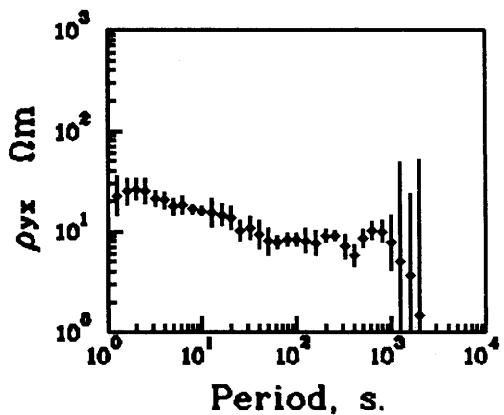
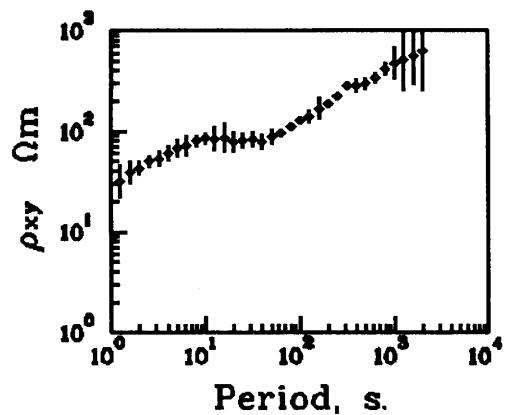
$$\begin{array}{ll} \rho_1 = 15 \text{ ohmm} & d_1 = 5.200 \text{ m} \\ \rho_2 = 50 \text{ ohmm} & d_2 = 2.300 \text{ m} \\ \rho_3 = 3,5 \text{ ohmm} & d_3 = 3.000 \text{ m} \\ \rho_4 = 6.000 \text{ ohmm} & \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \rho_1 = 9,5 \text{ ohmm} & d_1 = 2.800 \text{ m} \\ \rho_2 = 1,5 \text{ ohmm} & d_2 = 4.000 \text{ m} \\ \rho_3 = 350 \text{ ohmm} & \end{array}$$

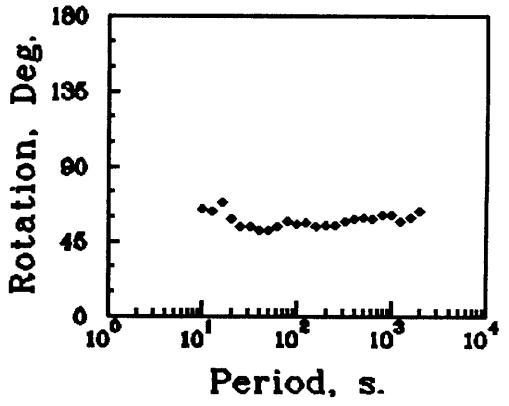
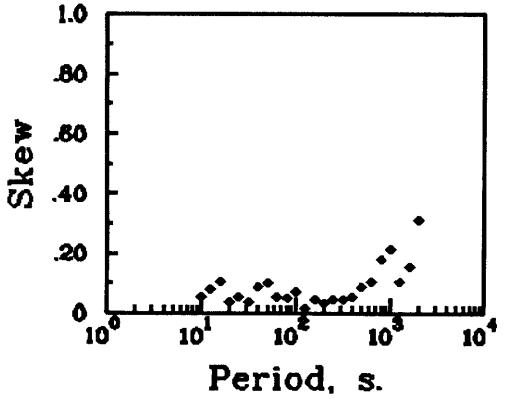
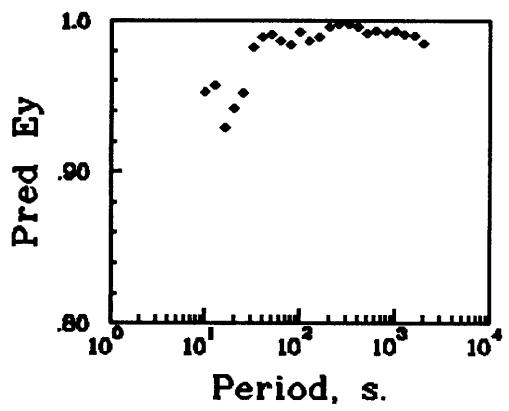
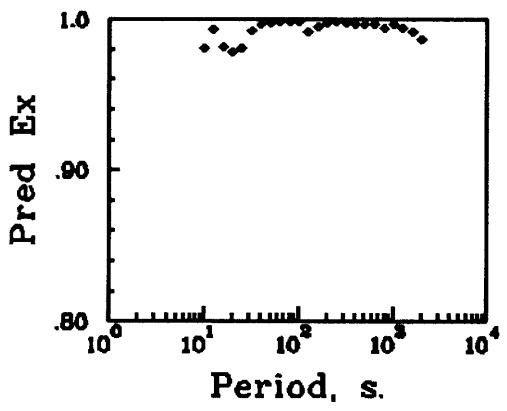
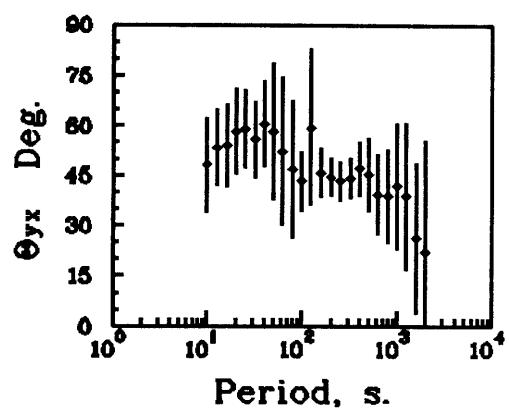
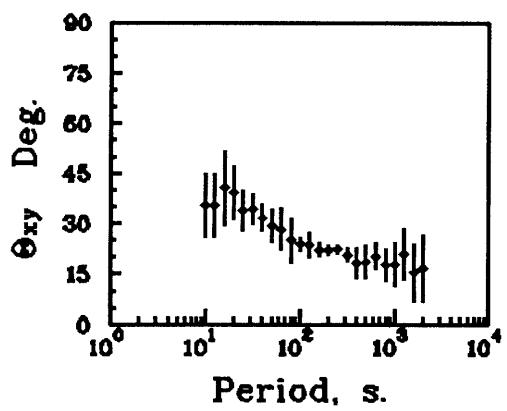
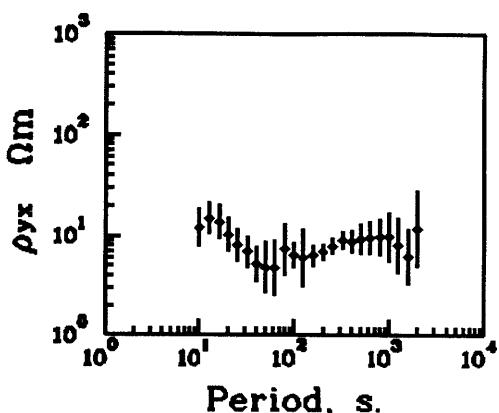
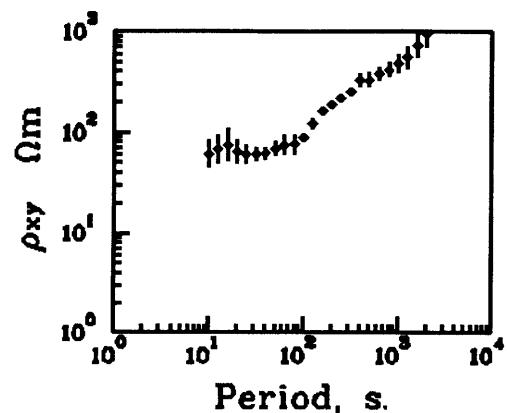
# HGL 1



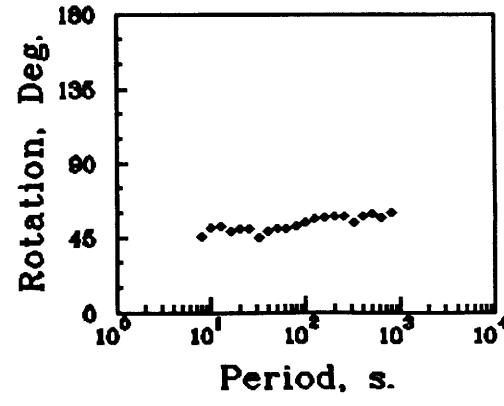
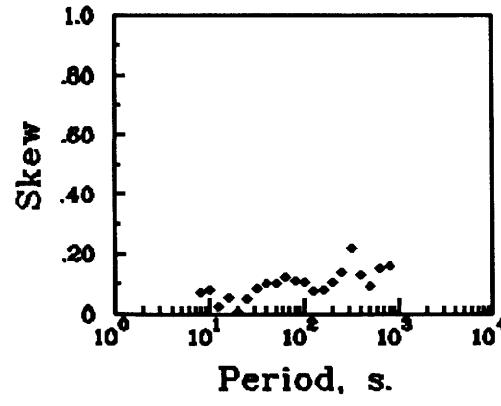
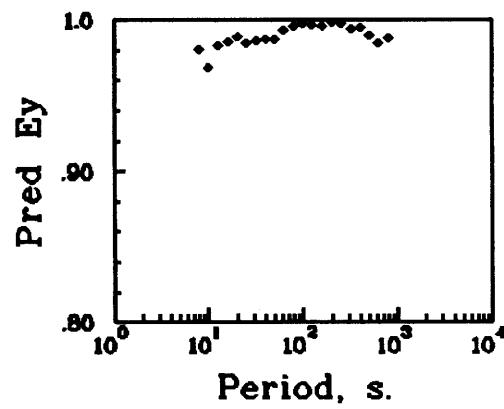
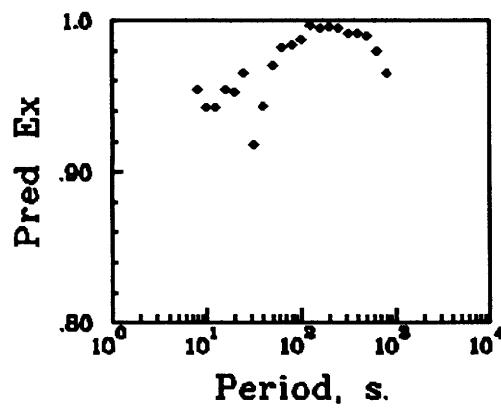
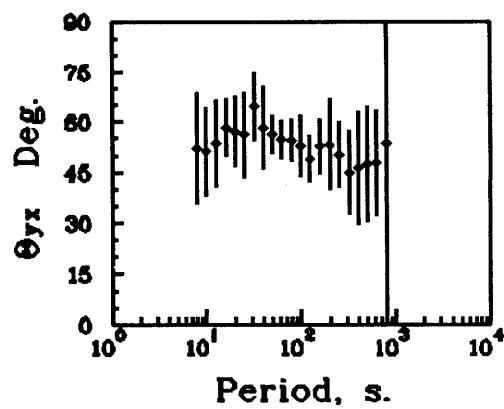
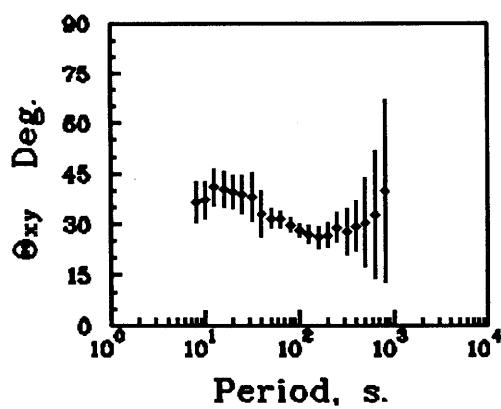
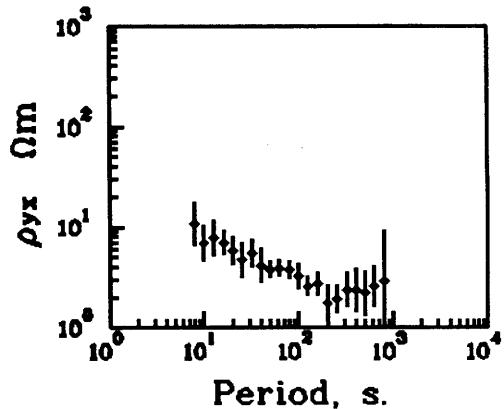
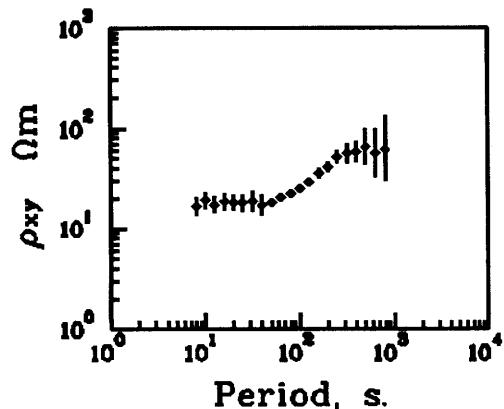
# HGL 2



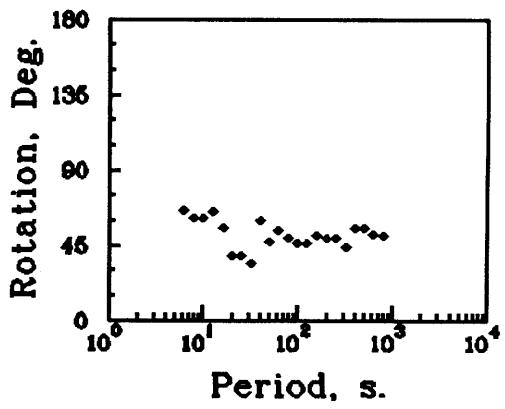
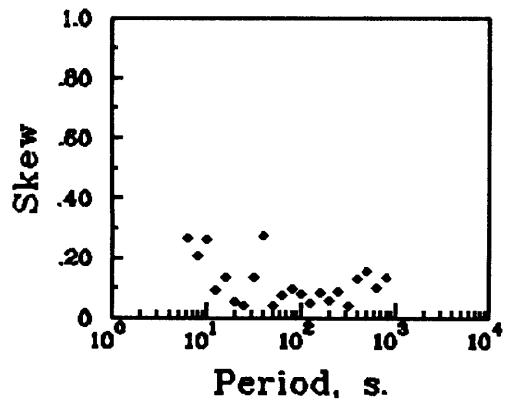
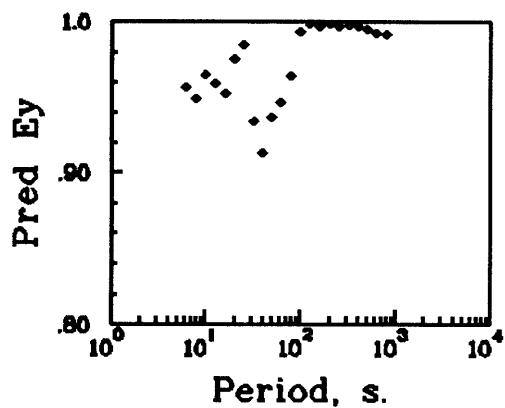
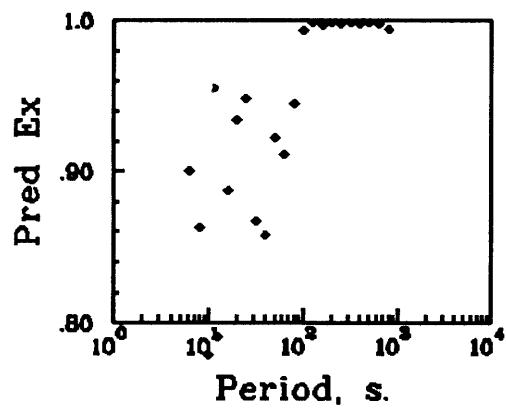
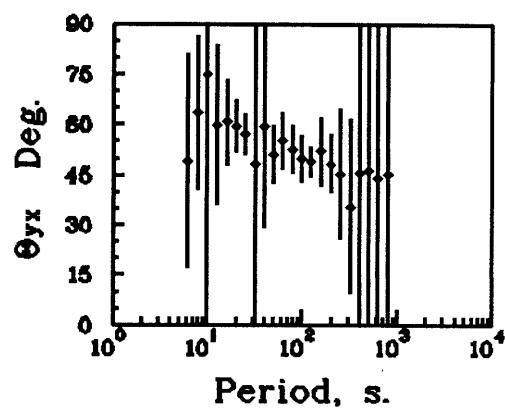
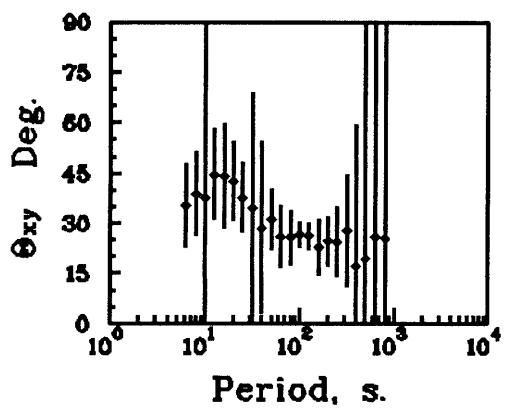
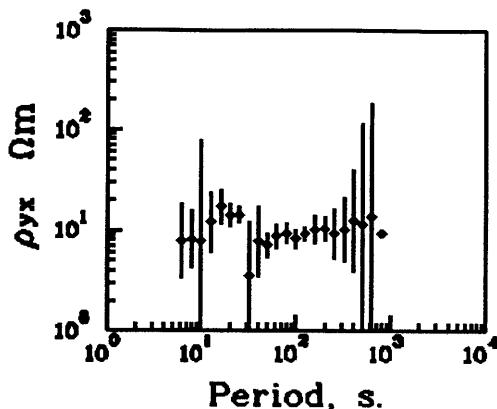
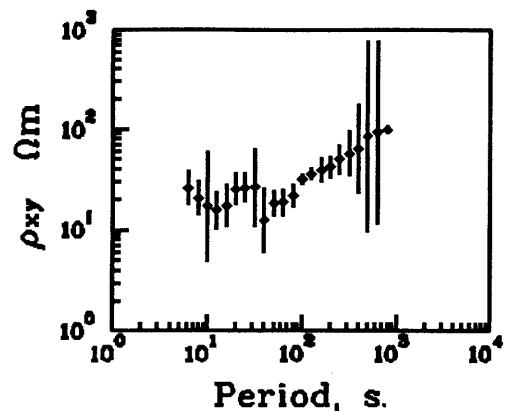
# HGL 3



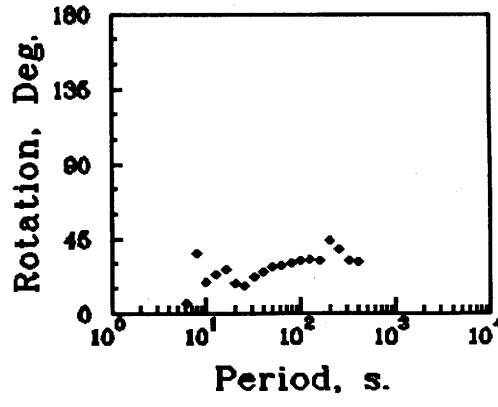
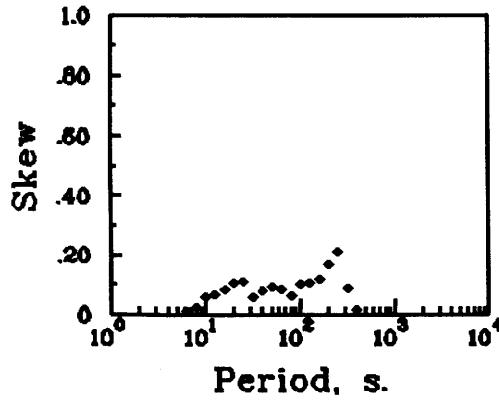
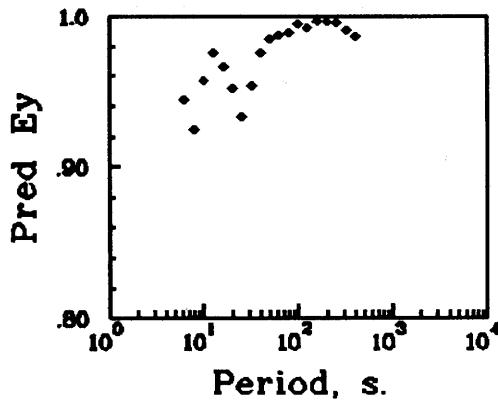
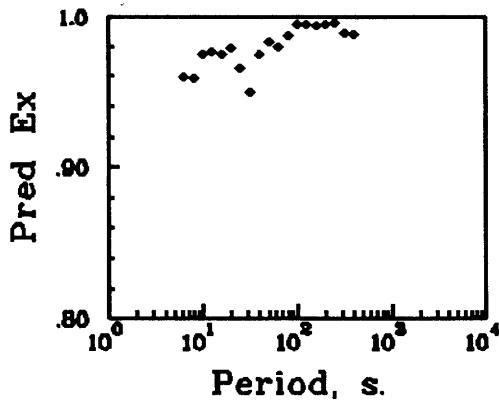
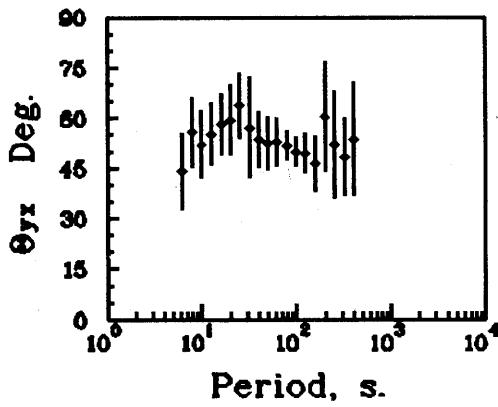
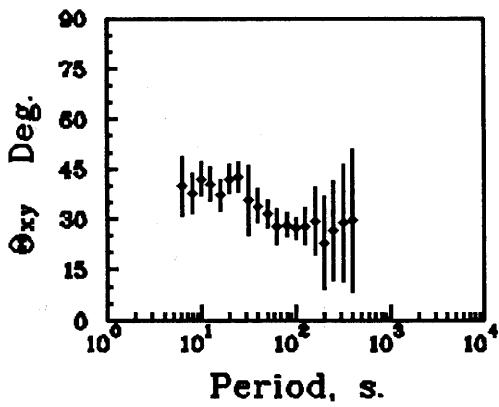
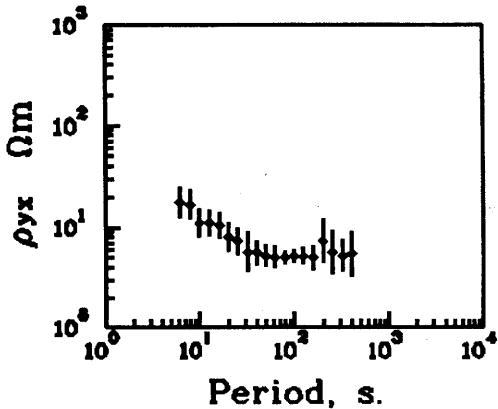
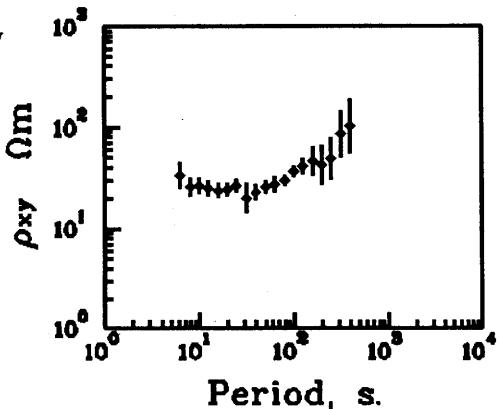
# HGL 4



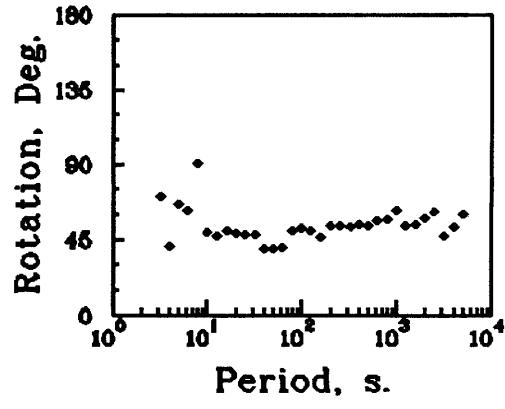
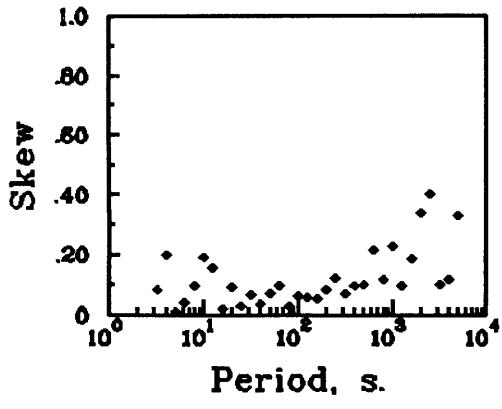
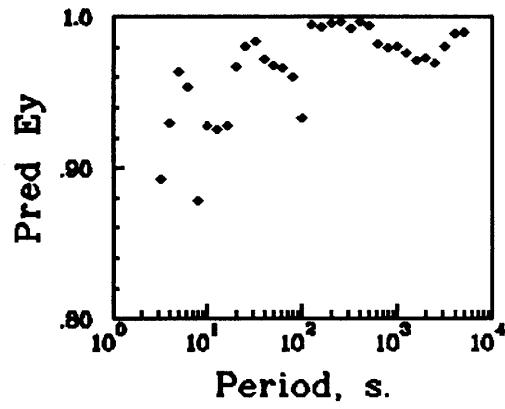
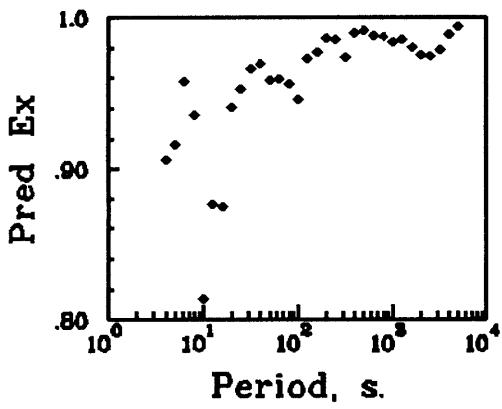
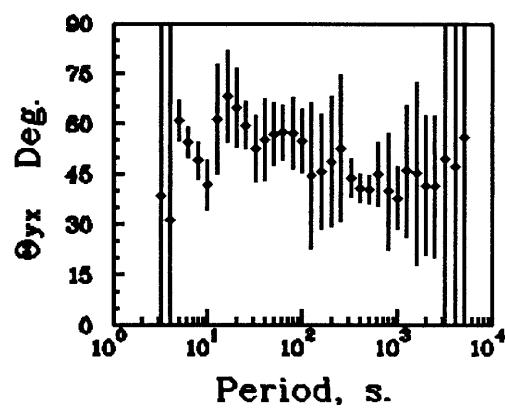
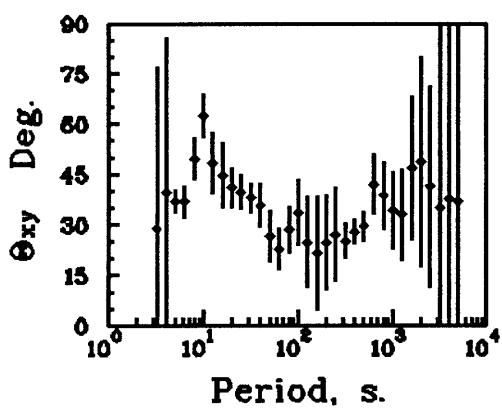
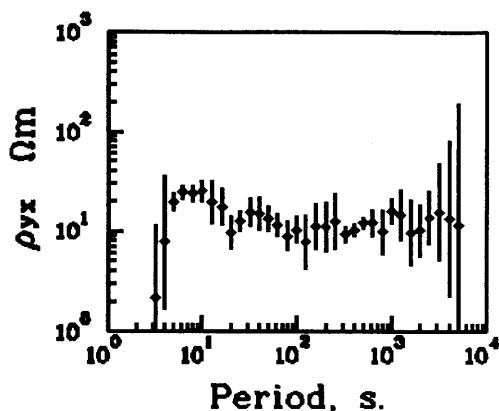
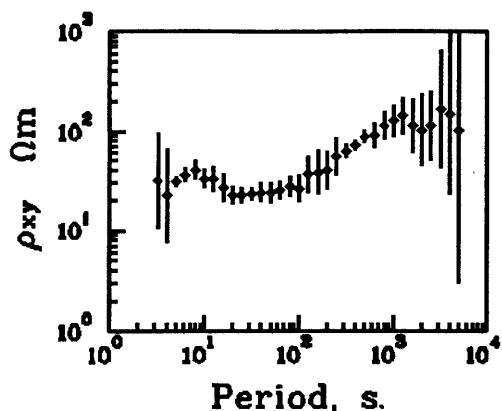
# HGL 5



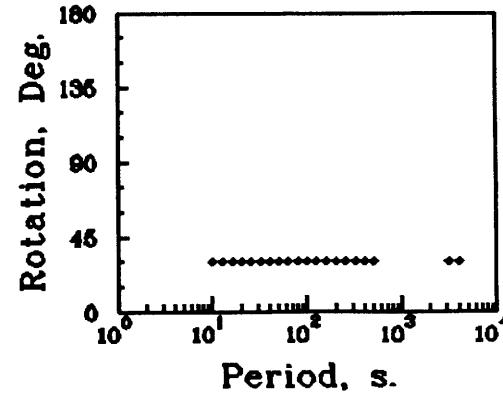
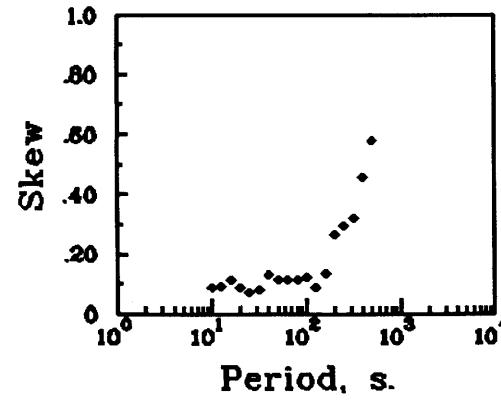
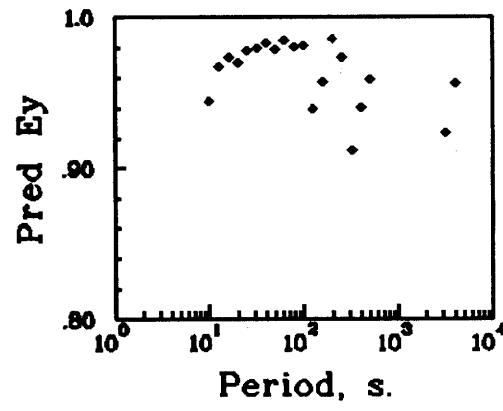
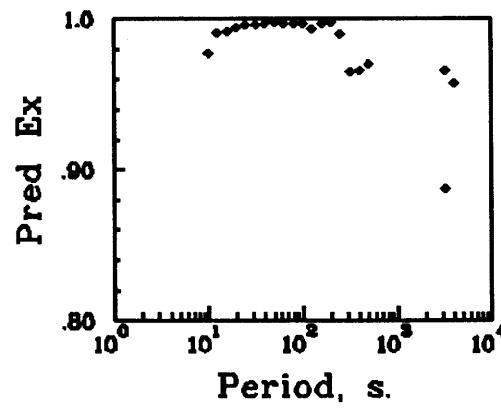
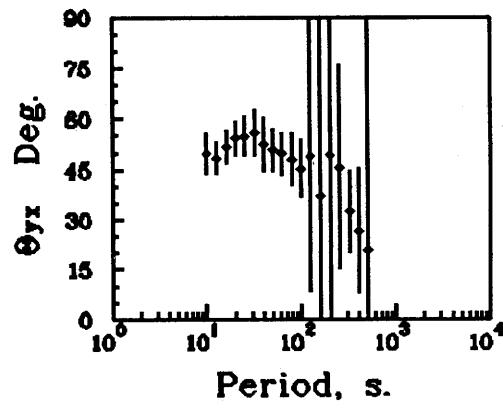
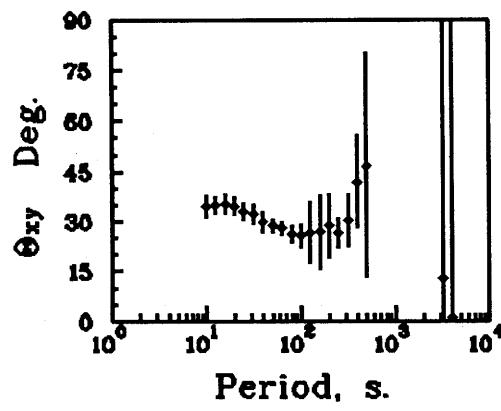
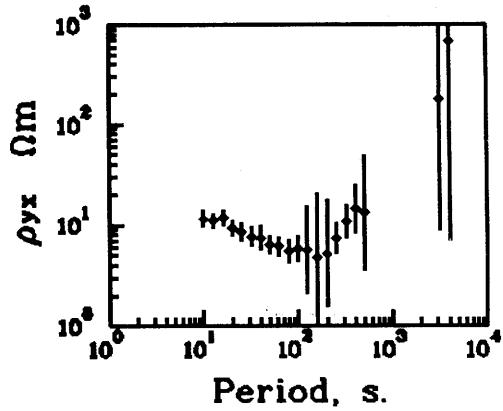
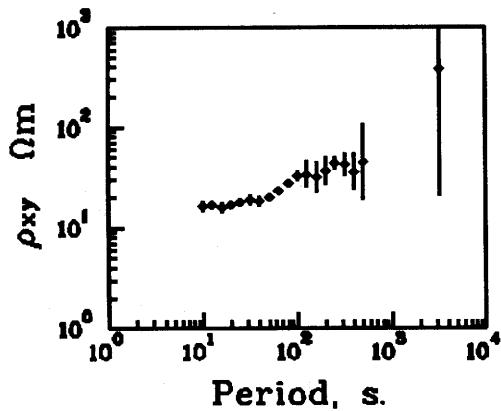
# HGL 6



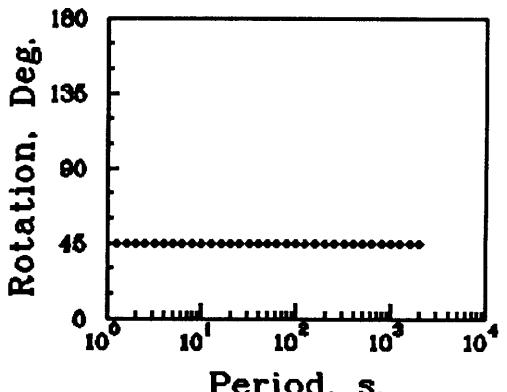
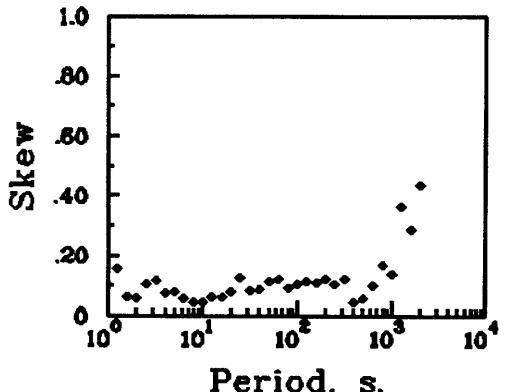
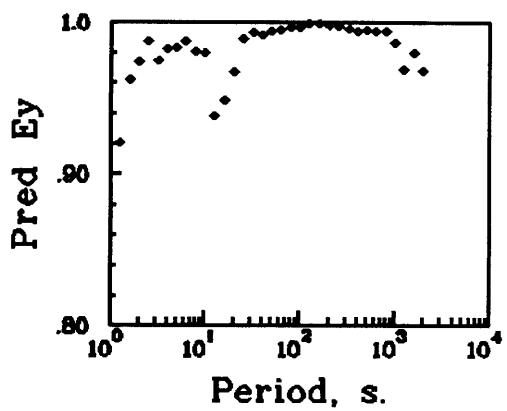
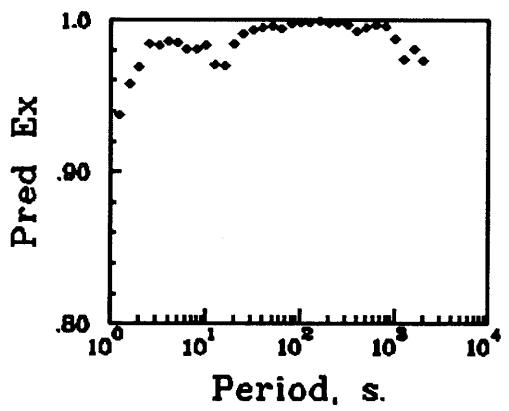
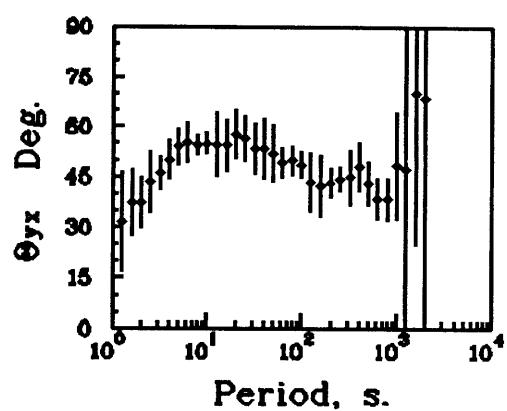
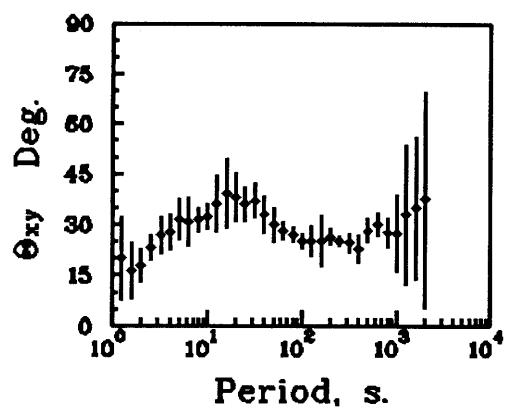
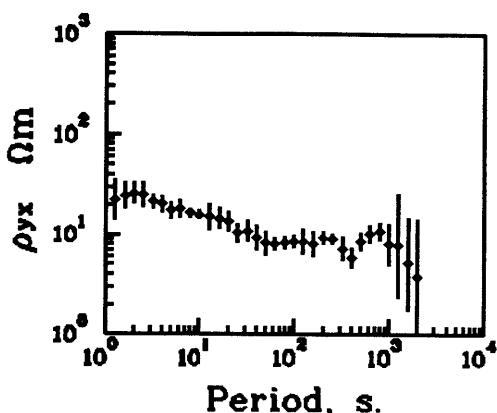
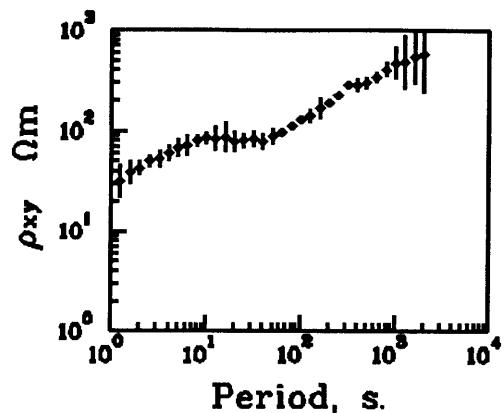
# HGL 7



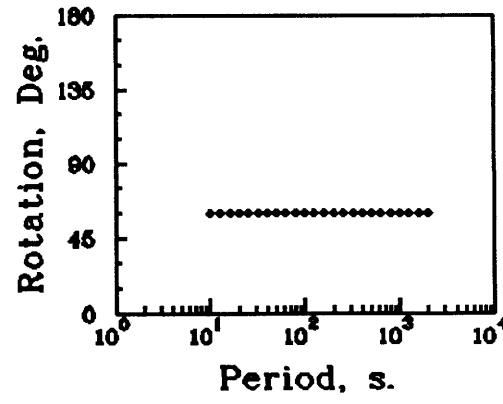
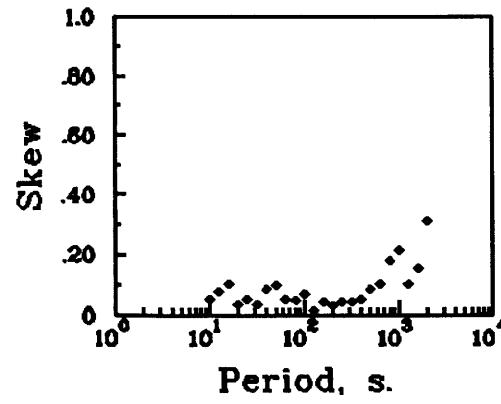
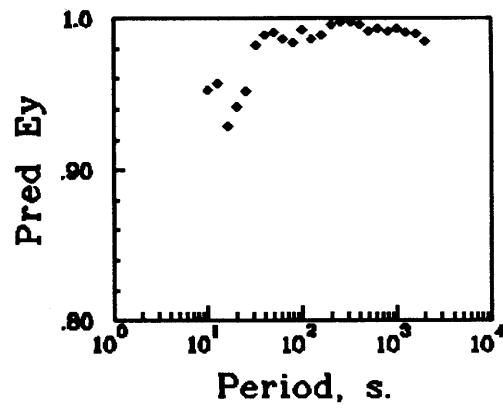
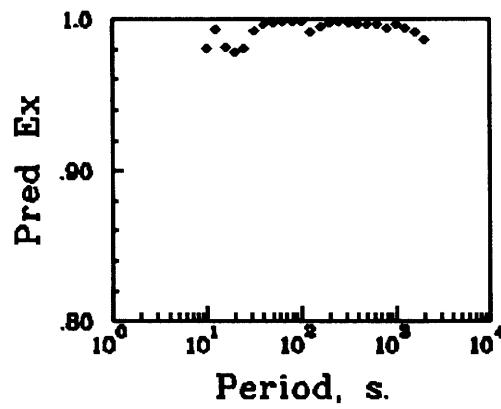
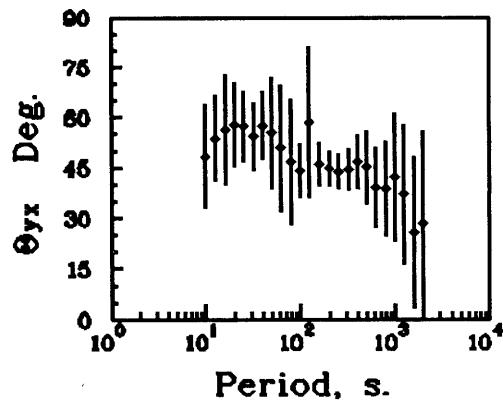
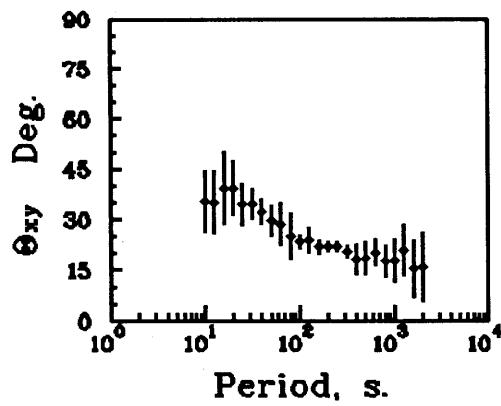
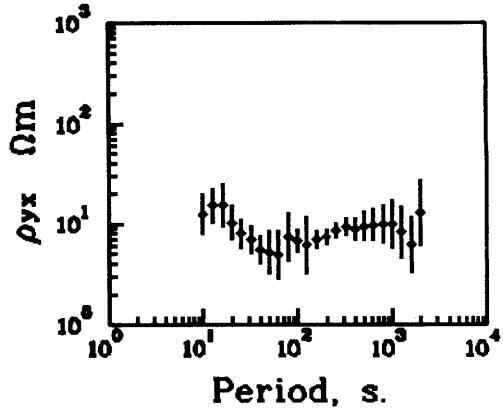
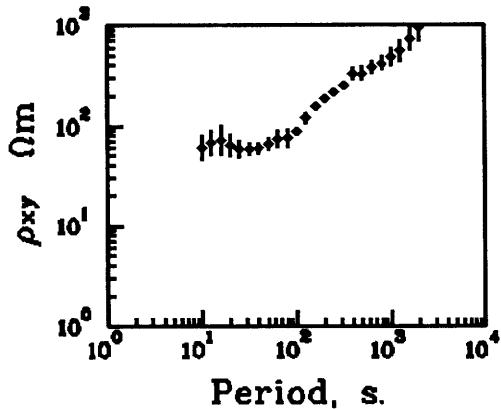
# HGL 1



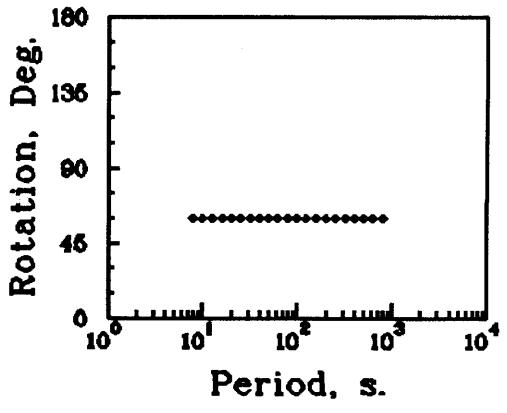
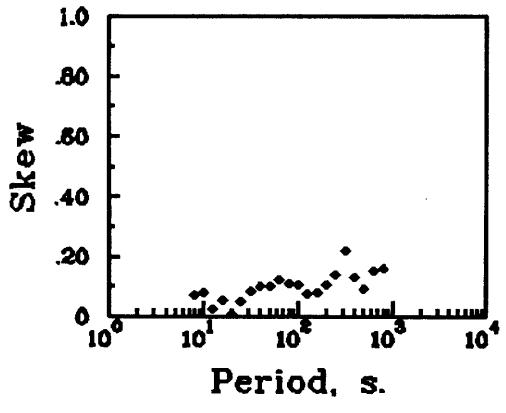
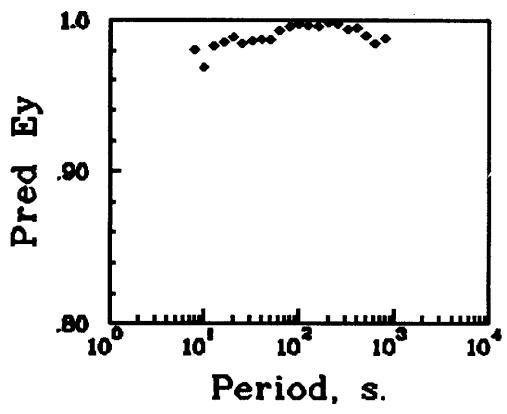
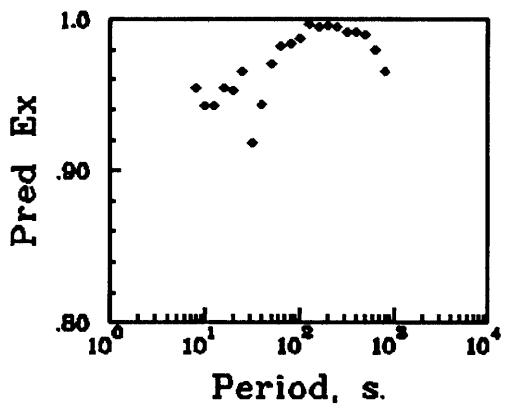
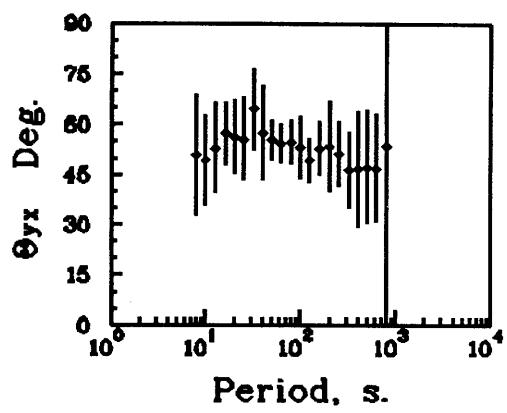
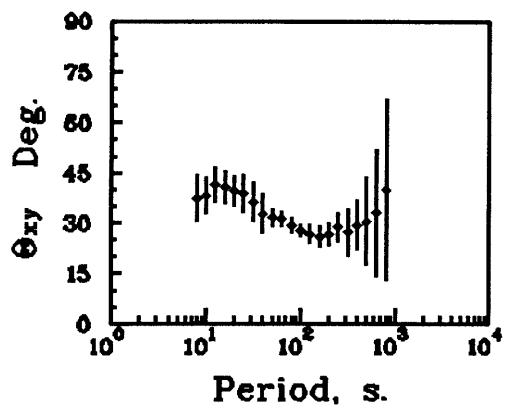
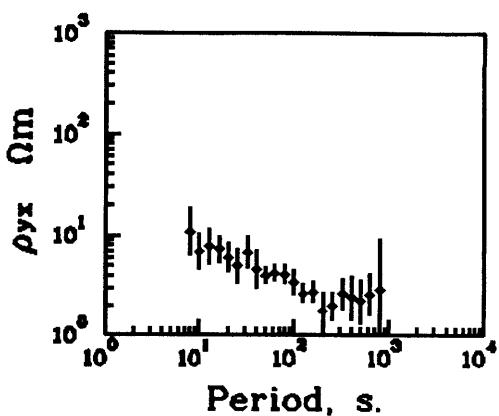
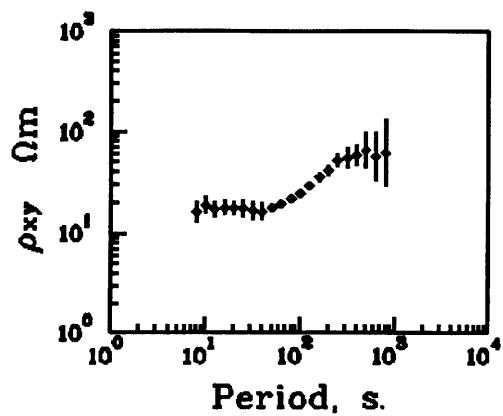
# HGL 2



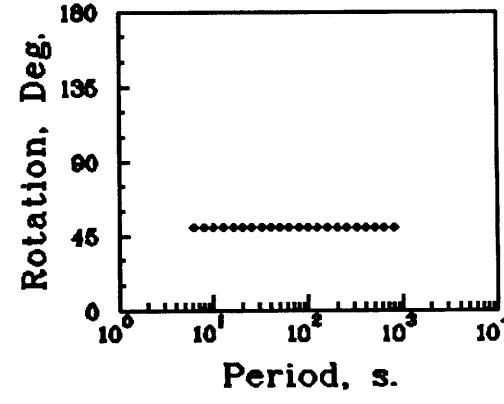
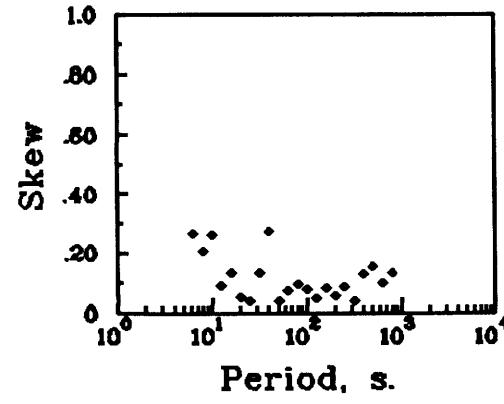
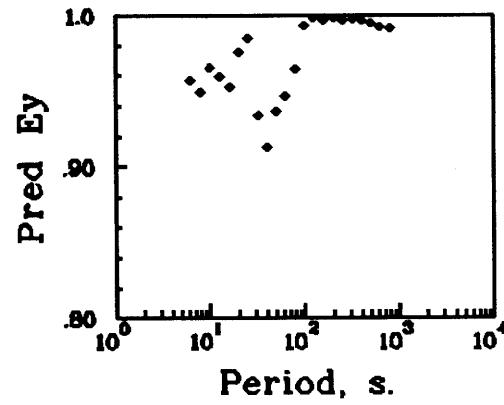
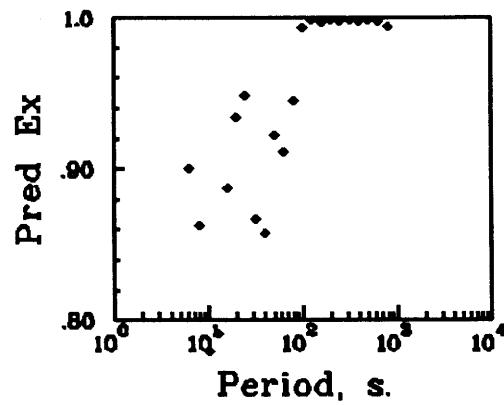
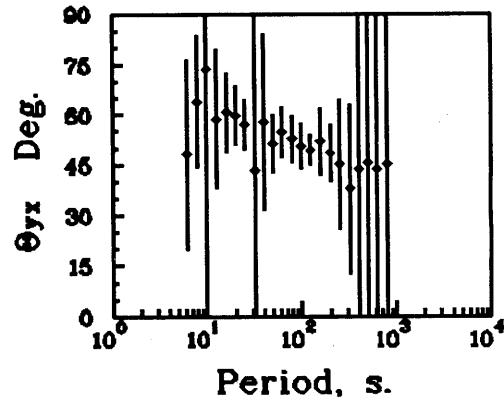
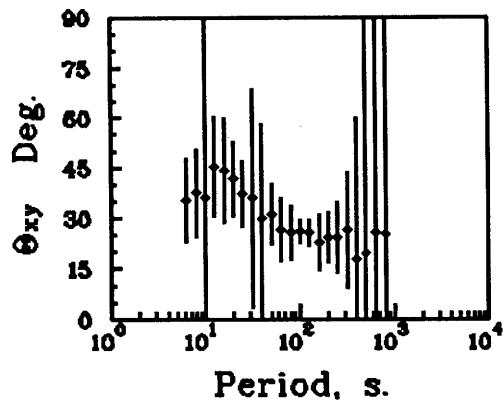
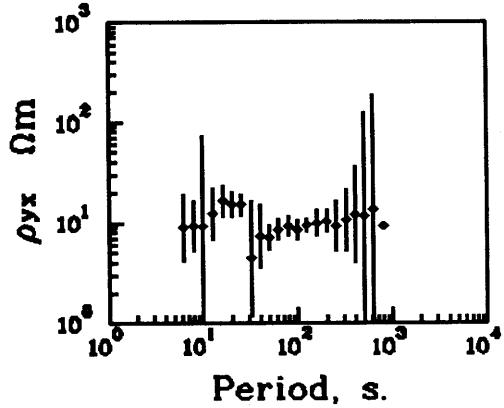
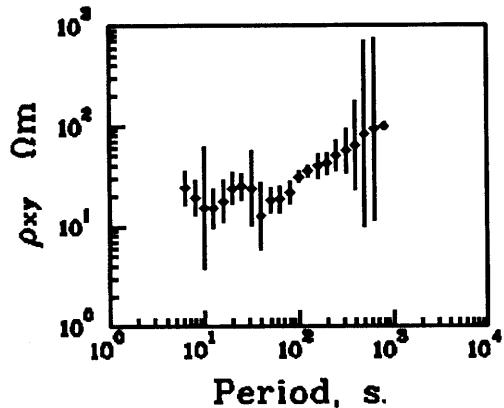
# HGL 3



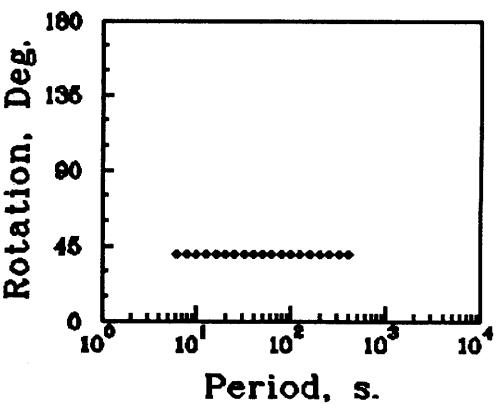
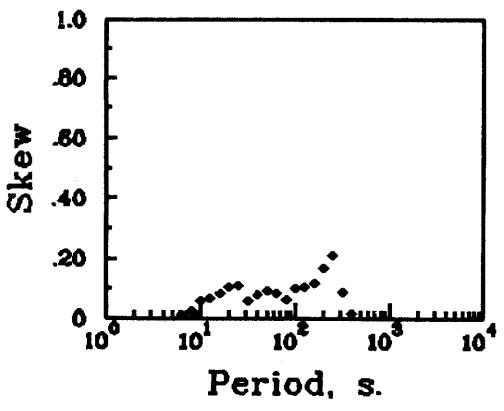
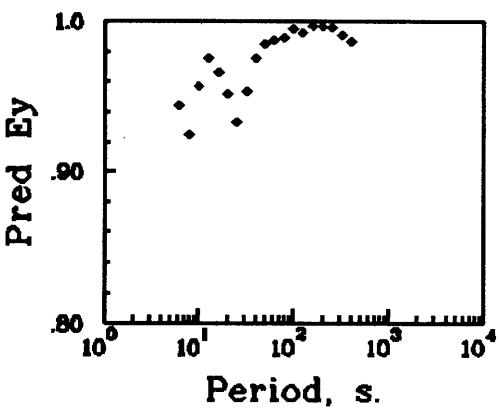
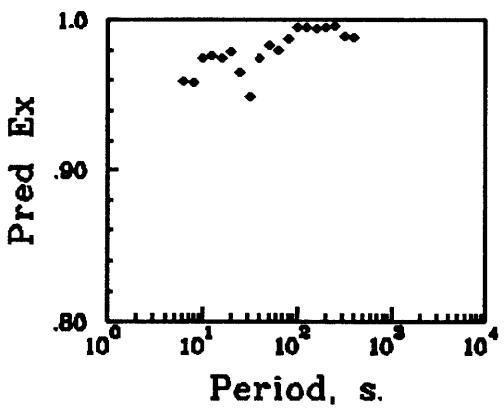
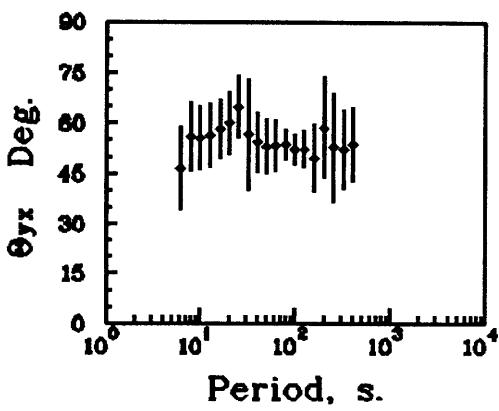
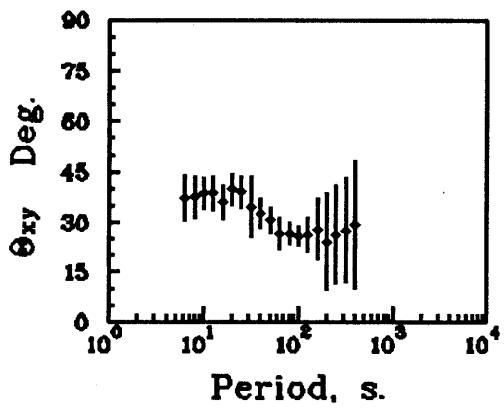
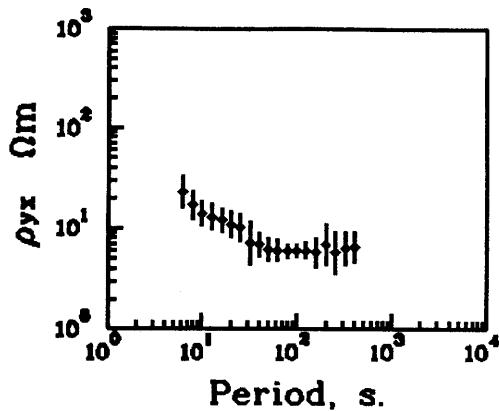
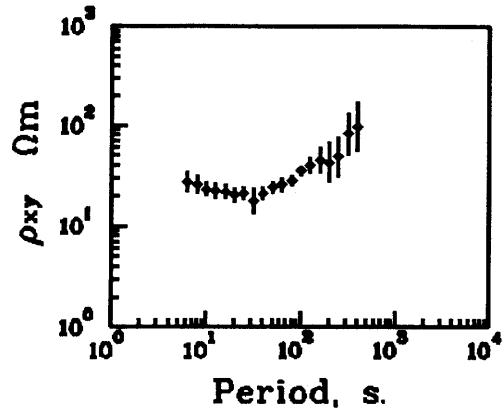
# HGL 4



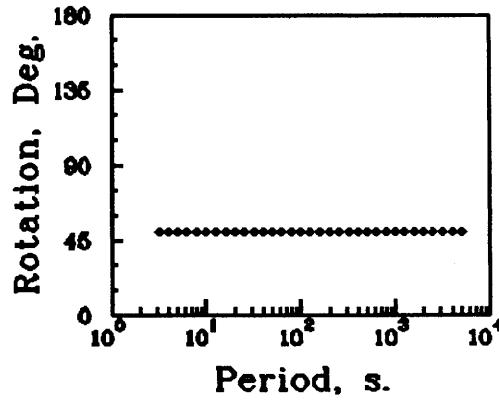
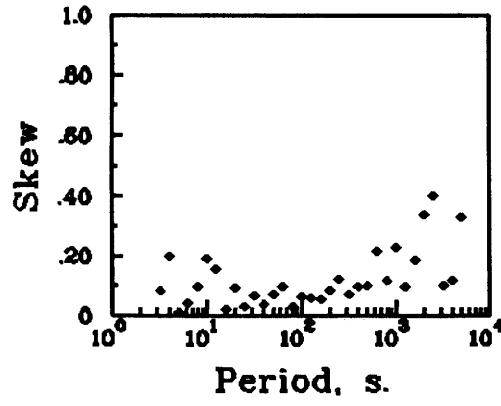
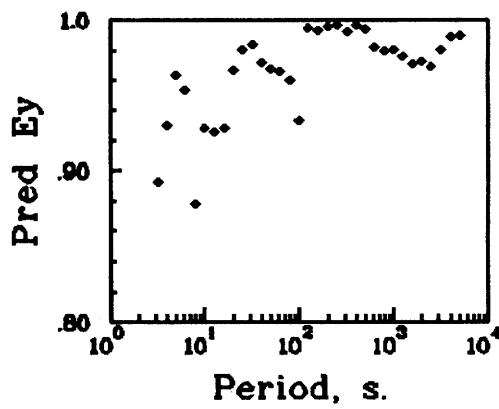
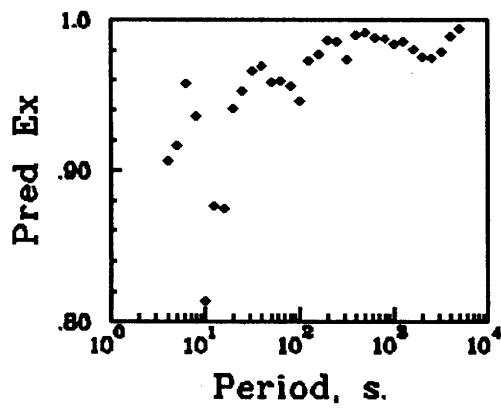
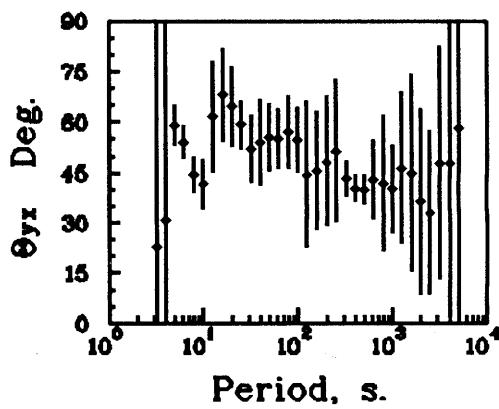
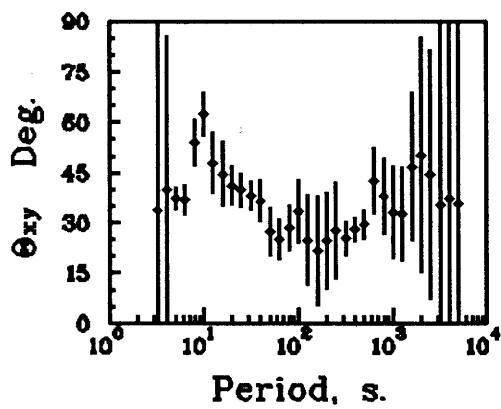
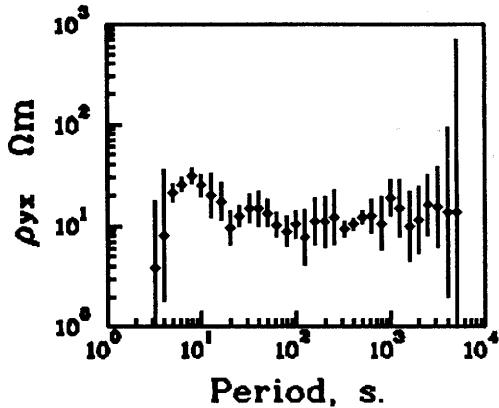
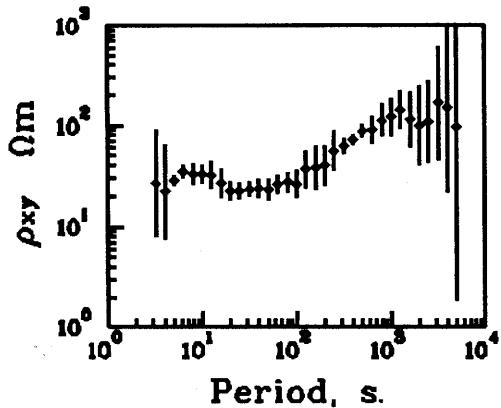
# HGL 5



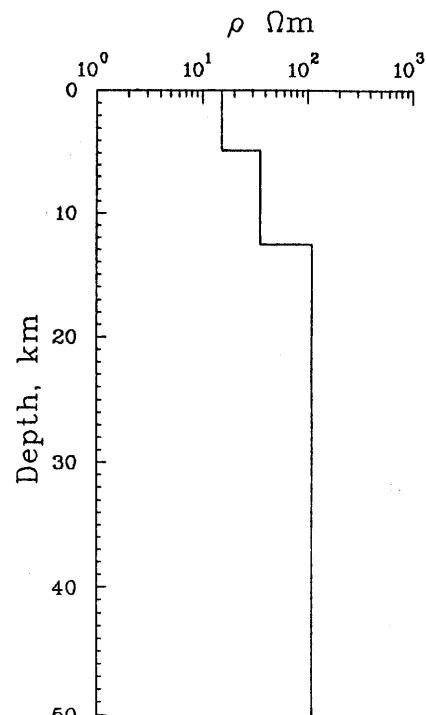
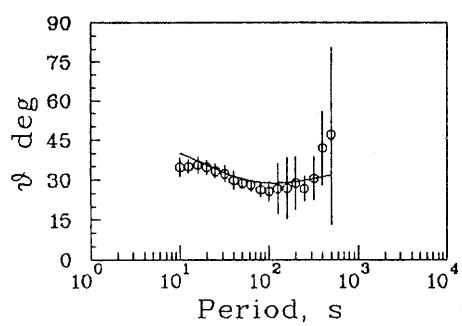
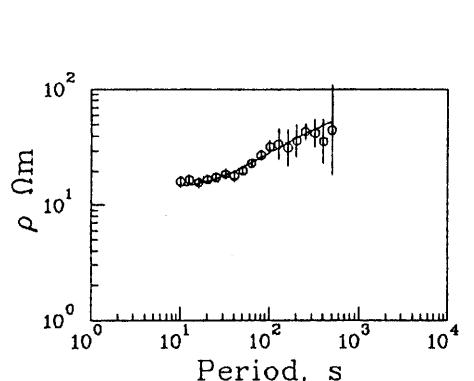
# HGL 6



# HGL 7



HGL1  
xy-parameters

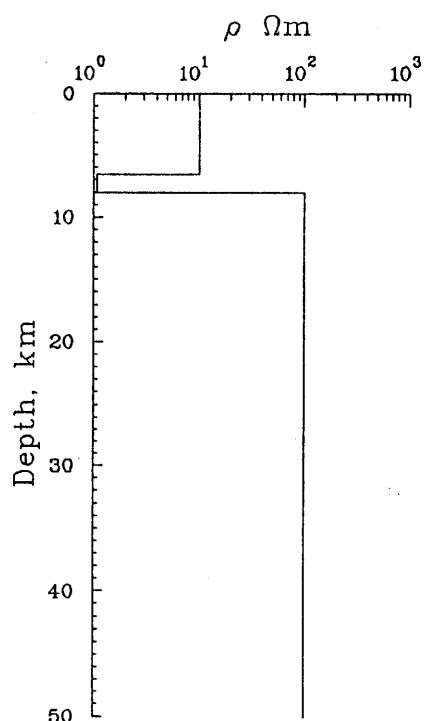
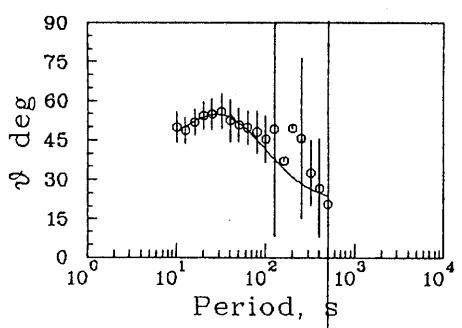
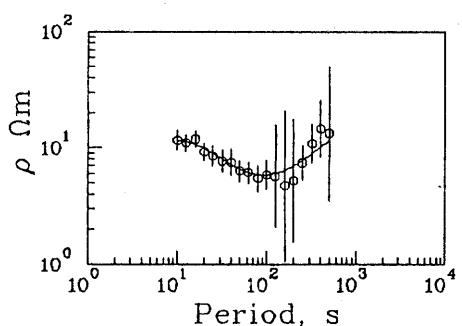


$\rho$  Ωm      Depth, km

15.3	
35.3	4.80
110.	12.6

Error Q = .438

HGL1  
yx-parameters

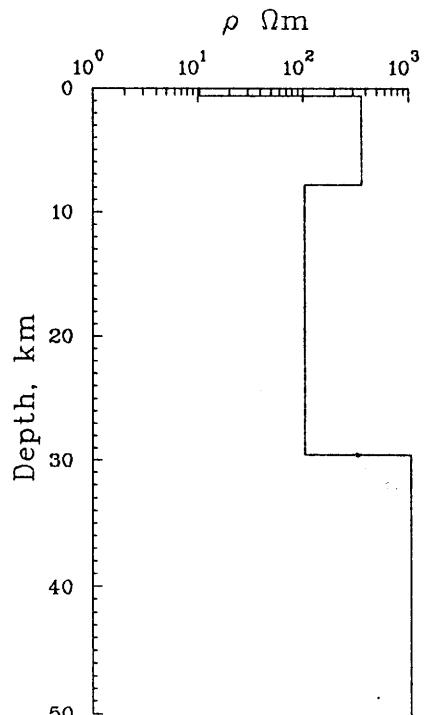
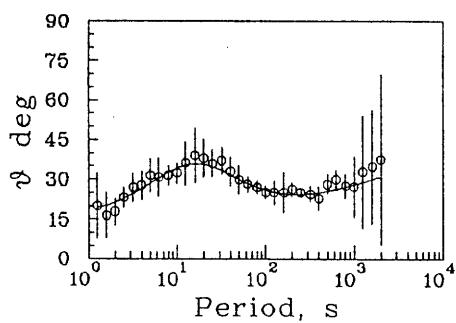
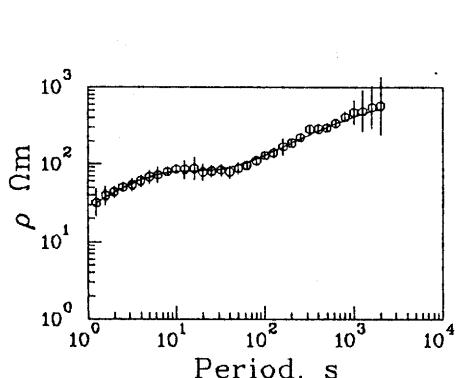


$\rho$  Ωm      Depth, km

10.2	
1.09	6.61
101.	8.00

Error Q = .065

HGL2  
xy-parameters

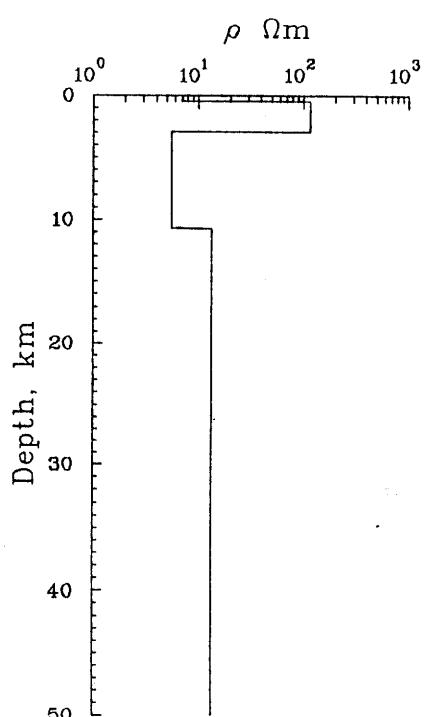
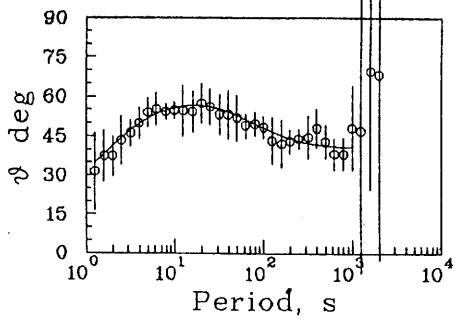
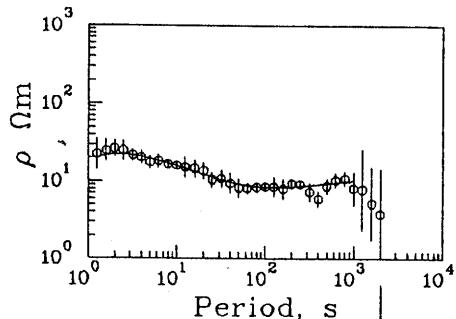


$\rho$   $\Omega\text{m}$  Depth, km

10.4	
364.	.629
105.	7.84
1058.	29.5

Error Q = .183

HGL2  
yx-parameters

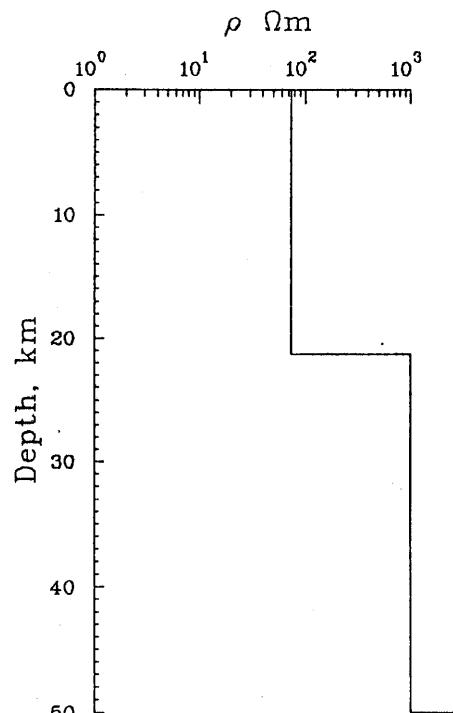
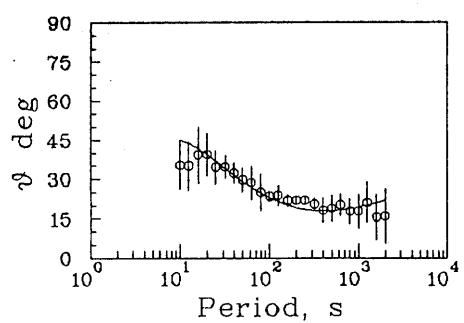
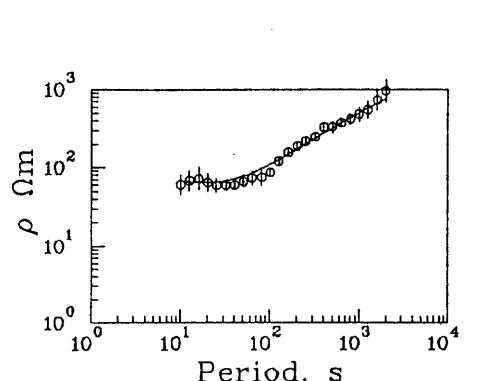


$\rho$   $\Omega\text{m}$  Depth, km

7.05	
117.	.475
5.59	2.94
13.4	10.6

Error Q = .164

HGL3  
xy-parameters

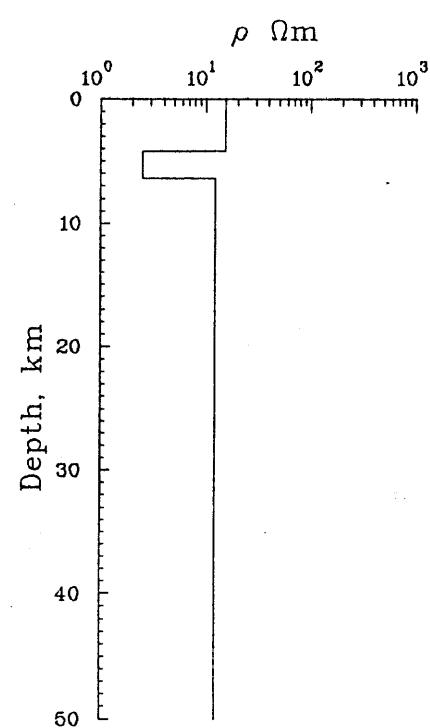
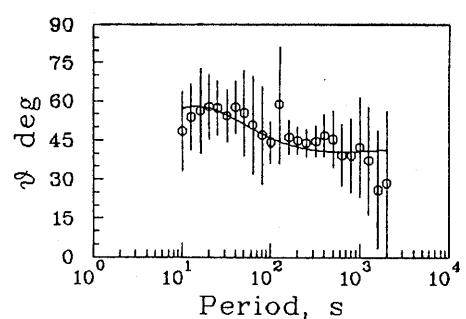
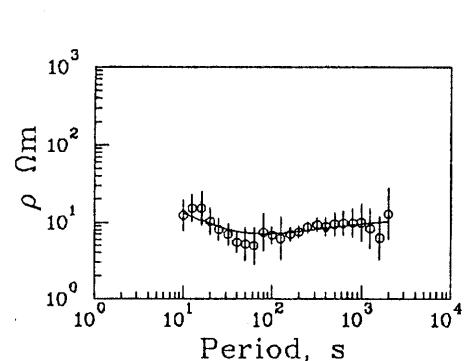


ρ, Ωm      Depth, km

74.3            21.4  
1007.            3146.        121.

Error Q = .895

HGL3  
yx-parameters

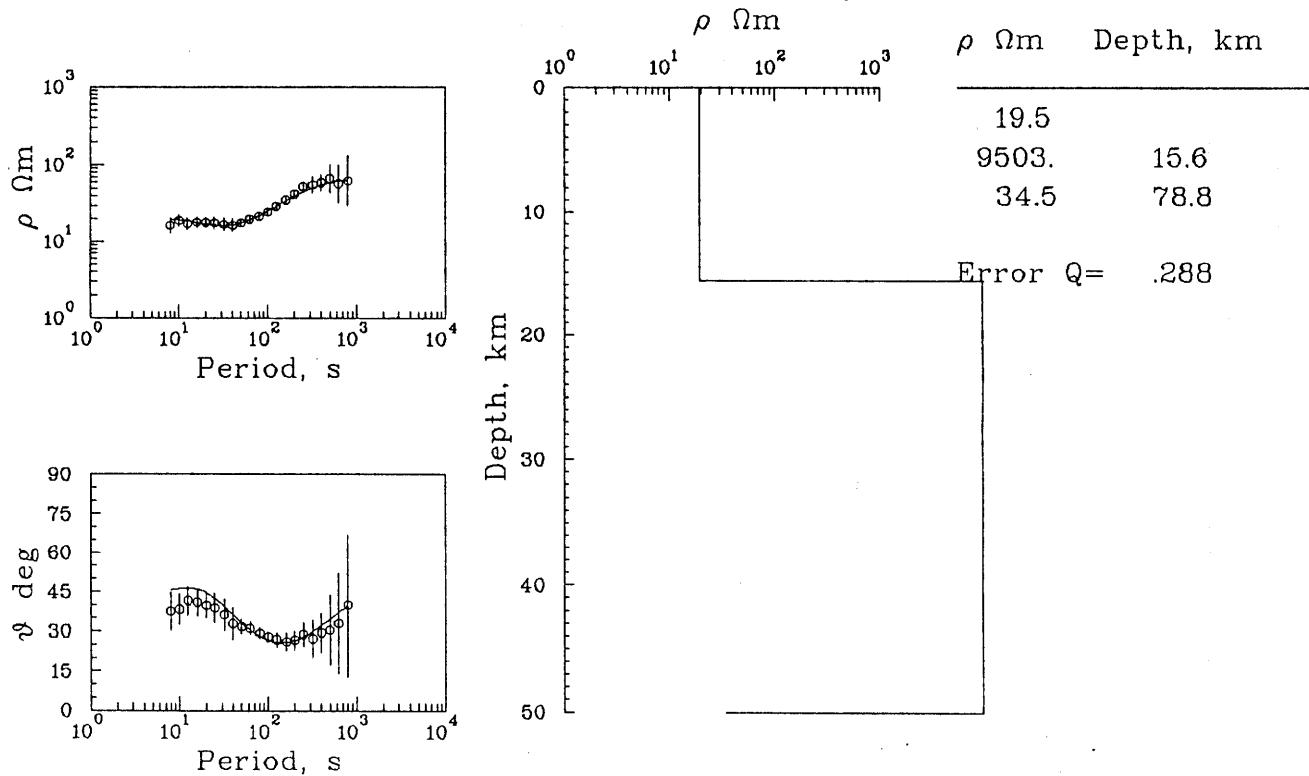


ρ, Ωm      Depth, km

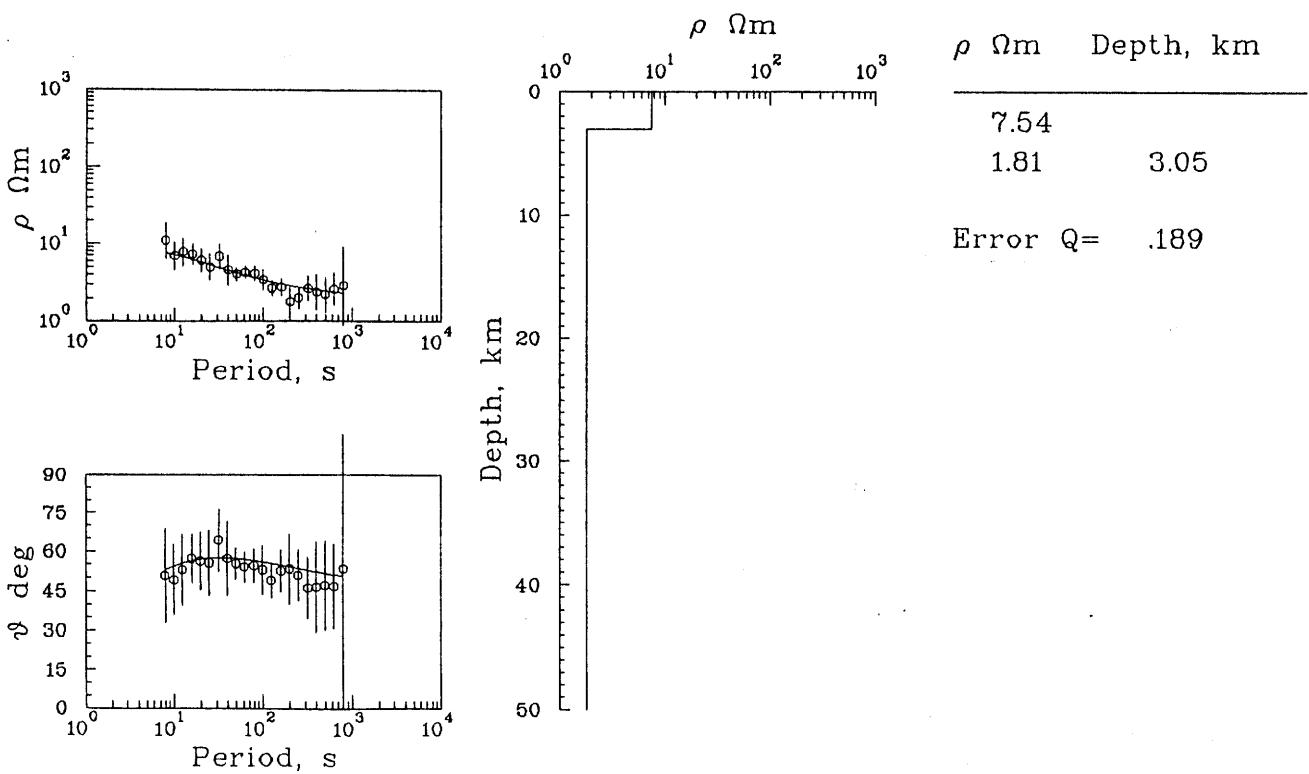
15.2            4.16  
2.52            12.4        6.39

Error Q = .151

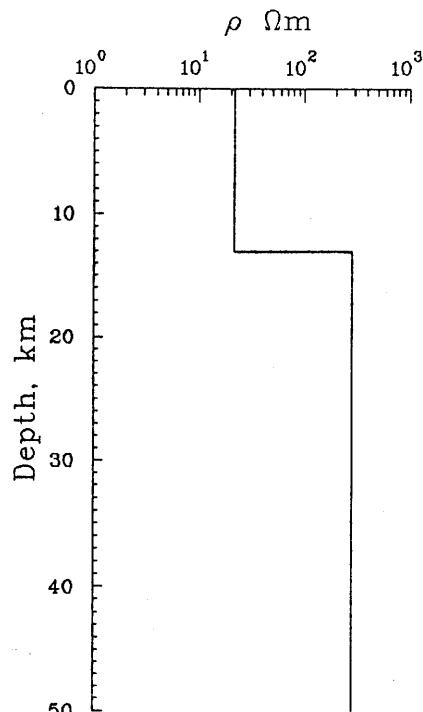
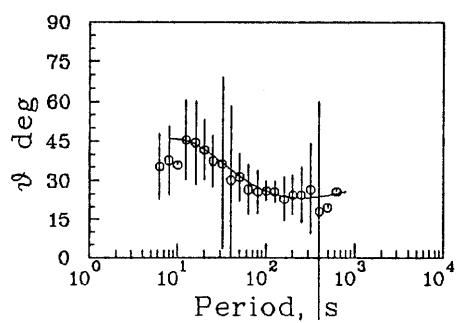
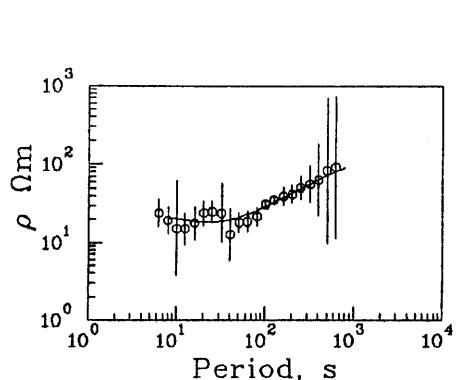
HGL4  
xy-parameters



HGL4  
yx-parameters

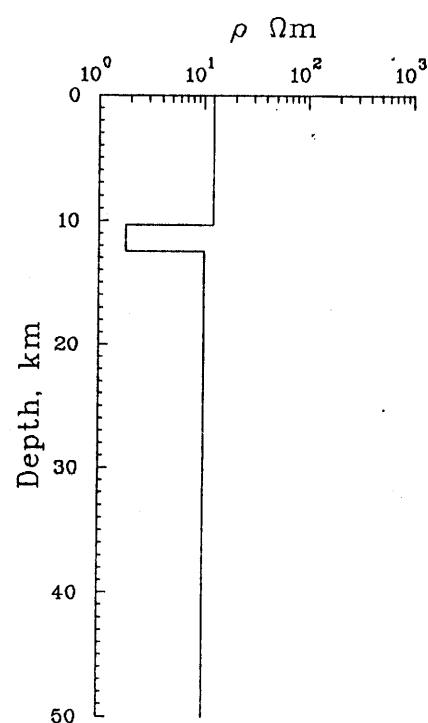
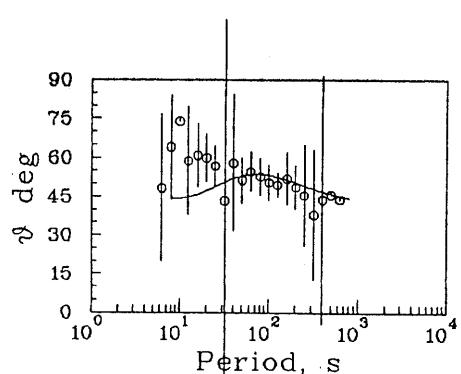
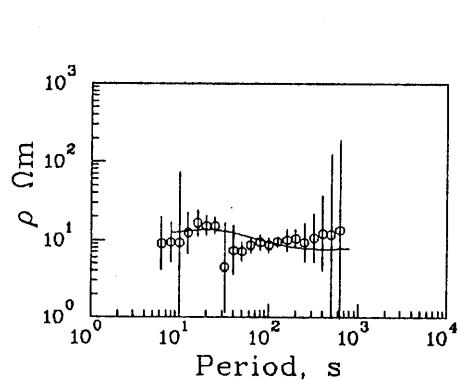


HGL5  
xy-parameters



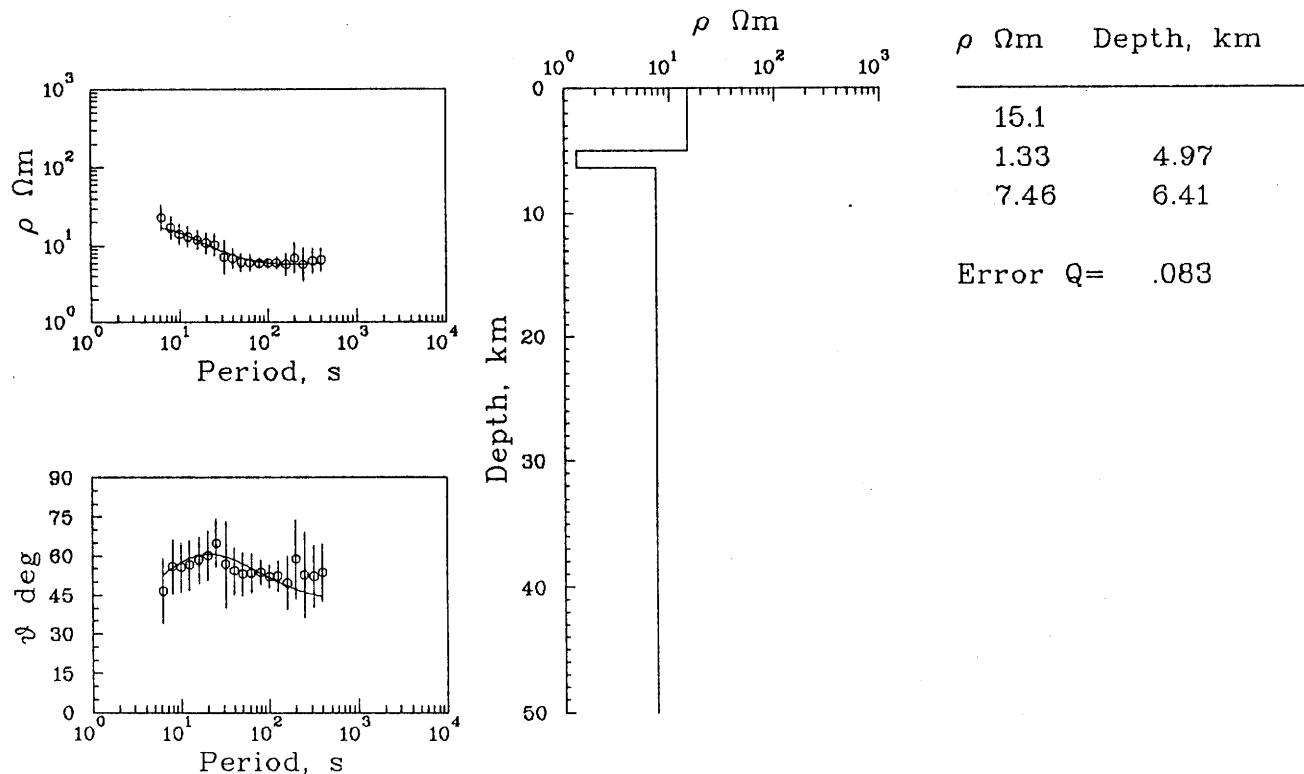
$\rho$ $\Omega m$	Depth, km
21.6	
287.	13.0
Error Q = .109	

HGL5  
yx-parameters

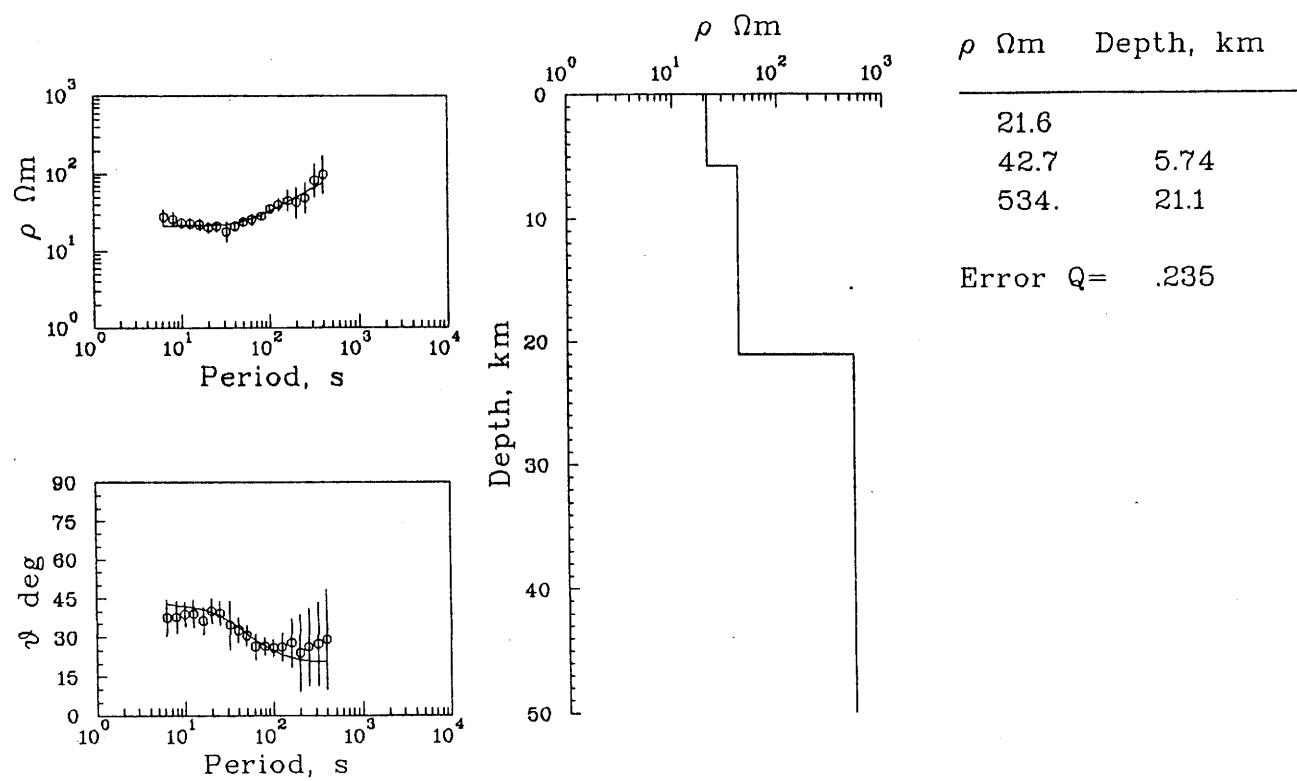


$\rho$ $\Omega m$	Depth, km
12.3	
1.81	10.4
10.0	12.5
Error Q = .254	

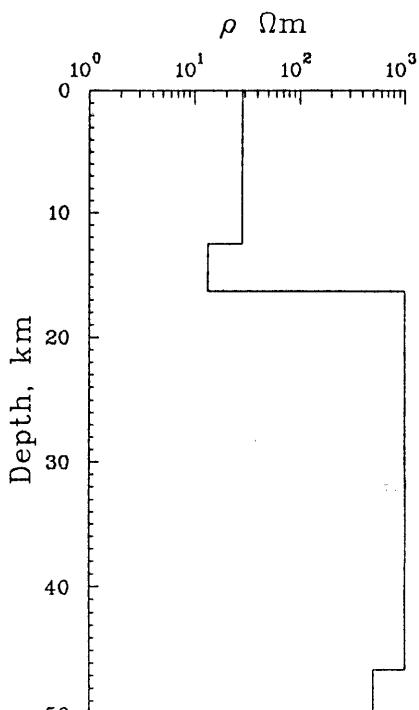
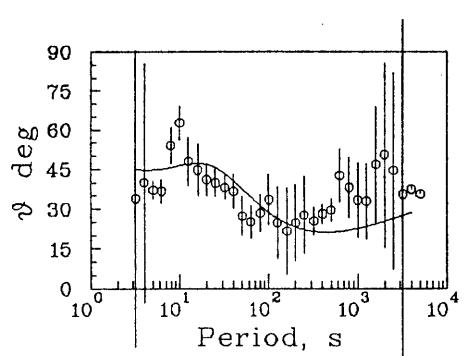
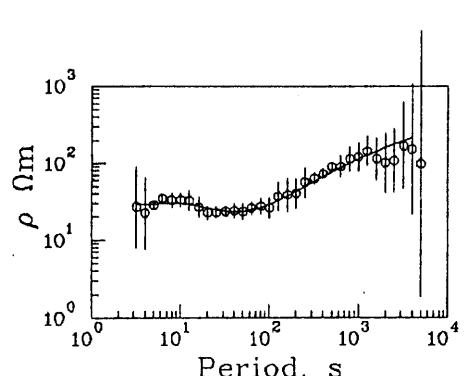
HGL6  
yx-parameters



HGL6  
xy-parameters



HGL7  
xy-parameters

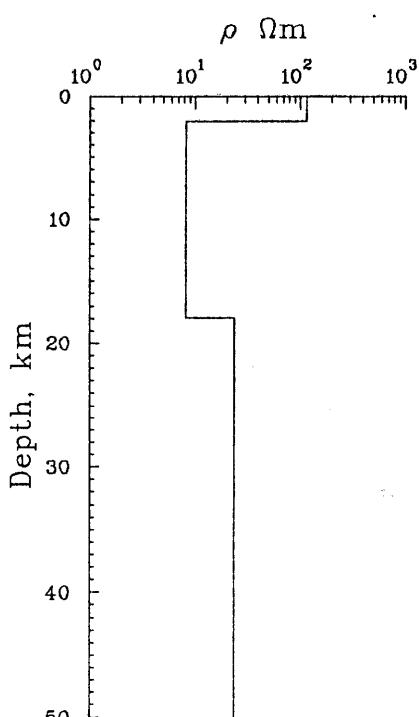
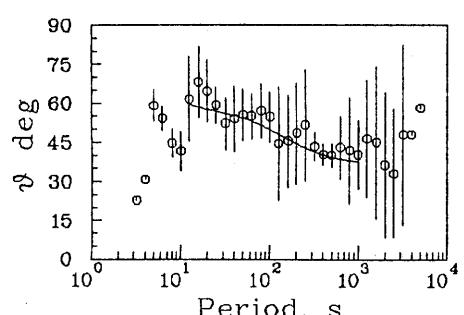
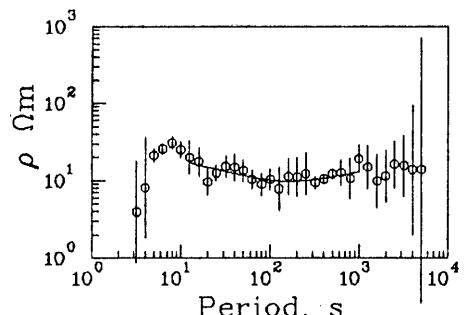


$\rho$   $\Omega\text{m}$  Depth, km

28.8	
13.4	12.5
1012.	16.3
500.	46.5

Error Q = .574

HGL7  
yx-parameters



$\rho$   $\Omega\text{m}$  Depth, km

116.	
8.22	2.10
23.8	17.9

Error Q = .139